

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.086.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. А.В. НИКОЛАЕВА СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ БАРДИНА ВЯЧЕСЛАВА АЛЕКСАНДРОВИЧА НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 1 ноября 2023 года № 26

О присуждении Бардину Вячеславу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Октаэдрические кластерные комплексы молибдена и вольфрама как активные компоненты функциональных материалов» в виде рукописи по специальности 1.4.1. Неорганическая химия принята к защите 21.06.2023 г. (протокол заседания № 16) диссертационным советом 24.1.086.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (ИНХ СО РАН), Минобрнауки России, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 3, действующего на основании приказа Минобрнауки РФ от 11.04.2012 г. № 105/нк.

Соискатель Бардин В.А., 18 ноября 1996 года рождения, в 2019 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия». В период подготовки диссертации с августа 2019 г. по июль 2023 г. Бардин В.А. обучался в очной аспирантуре ИНХ СО РАН; с октября 2019 г. по настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника Лаборатории биоактивных неорганических соединений ИНХ СО РАН, Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена в Лаборатории биоактивных неорганических соединений ИНХ СО РАН, Минобрнауки РФ.

Научный руководитель — кандидат химических наук Воротникова Наталья Андреевна, научный сотрудник Лаборатории биоактивных неорганических соединений ИНХ СО РАН.

Официальные оппоненты:

Мустафина Асия Рафаэлевна, доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией физико-химии супрамолекулярных систем, Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»;

Бойцова Ольга Владимировна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник НИИ строения конденсированных систем, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск в своем **положительном** отзыве, подписанном исполняющим обязанности директора института доктором химических наук, членом-корреспондентом РАН Немудрым Александром Петровичем, подготовленным руководителем группы синтеза порошковых материалов доктором химических наук, профессором Юхиным Юрием Михайловичем, указала, что диссертационная работа Бардина В.А. на тему «Октаэдрические кластерные комплексы молибдена и вольфрама как активные компоненты функциональных материалов», представленная к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия, по объему проведенных исследований, научной новизне и практической значимости является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям, изложенным в п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), а ее автор, Бардин Вячеслав Александрович, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия. Отзыв составлен на основании анализа диссертации, обсуждения доклада Бардина В.А. на семинаре Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, состоявшемся 31 августа 2023 года (протокол № 2023-010 от 31.08.2023 г.).

Соискатель имеет 4 работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, в том числе 3 из них по теме диссертации. Все журналы входят в Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований, и индексируются базами данных Web of Science и Scopus. Общий объем опубликованных по теме диссертации работ составляет 36 стр. (4,5 печ. л.), личный вклад автора – 2,9 печ. л. Недостоверные сведения о работах, опубликованных автором диссертации, отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Vorotnikova N.A., Bardin V.A., Vorotnikov Y.A., Kirakci K., Adamenko L.S., Alekseev A.Y., Meyer H.J., Kubát P., Mironov Y. V., Lang K., Shestopalov M.A. Heterogeneous photoactive antimicrobial coatings based on a fluoroplastic doped with an octahedral molybdenum cluster compound // Dalton Trans. 2021. Vol. 50, № 24. P. 8467–8475. (9 стр.)
2. Bardin V.A., Vorotnikov Y.A., Stass D. V., Vorotnikova N.A., Shestopalov M.A. Oxygen-

Sensitive Photo- and Radioluminescent Polyurethane Nanoparticles Modified with Octahedral Iodide Tungsten Clusters // *Nanomaterials*. 2022. Vol. 12, № 20. 3580. (14 стр.)

3. Bardin V.A., Vorotnikov Y.A., Asanov I.P., Vorotnikova N.A., Shestopalov M.A. Visible-light active S-scheme heterojunction photocatalyst based on nanosized anatase TiO₂ and octahedral iodide molybdenum clusters // *Appl. Surf. Sci.* 2023. Vol. 612, 2022. 155738. (13 стр.)

На диссертацию и автореферат диссертации поступило **три** отзыва. Все отзывы положительные, два содержат замечания. Отзывы поступили от:

1. **Смаль Екатерины Андреевны**, кандидата химических наук, младшего научного сотрудника Отдела гетерогенного катализа, ФГБУН Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск, содержит замечания: «С использованием метода РФА было показано, что при выдерживании материала в воде происходит частичный гидролиз нанесенного комплекса (Bu₄N)₂[{Mo₆I₈}(OTs)₆]. Но, несмотря на это, выдержанные в воде покрытия сохраняют почти такую же антимикробную активность, как свежие. Чем это можно объяснить? Вами было показано, что не наблюдается разницы в активности разложения БФС при использовании двух комплексов с различными лигандами, также по причине их гидролиза. Возможно ли, в таком случае, обойтись без использования сложных лигандов и сразу использовать гидроксокомплекс для модификации оксида титана?».

2. **Селищева Дмитрия Сергеевича**, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника Отдела нетрадиционных каталитических процессов, ФГБУН Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск, содержит замечания: «В автореферате нет обсуждения электронной структуры рассматриваемых кластерных комплексов и ее зависимости от размера частиц данных комплексов, что может быть важным для разных типов материалов. Из-за краткого описания и отсутствия деталей остается неясным механизм антибактериального действия кластерных комплексов, особенно учитывая тот факт, что они находятся внутри полимерной матрицы. При описании материалов следует избегать выражения «чистый», так как нигде не представлена степень их чистоты».

3. **Прима Дарьи Олеговны**, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника Лаборатории № 33, ФГБУН Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского РАН, не содержит вопросов и замечаний.

Все отзывы заканчиваются выводом, что диссертационная работа Бардина Вячеслава Александровича **полностью соответствует** требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

Выбор *ведущей организации* обосновывается высокой квалификацией ее сотрудников в области получения и исследования функциональных материалов. Выбор в качестве *официального оппонента д.х.н. Мустафиной Асии Рафаэлевны* обусловлен ее высокой

квалификацией в области получения и исследования свойств кластерных соединений и материалов на их основе. Выбор в качестве *официального оппонента к.х.н. Бойцовой Ольги Владимировны* обоснован ее высокой квалификацией в области получения и исследования материалов на основе диоксида титана и других полупроводниковых материалов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методики получения кластерных комплексов молибдена и вольфрама с органическими лигандами и катионами, а также функциональных материалов: модифицированных комплексами фторопластовых покрытий; наноразмерных частиц на основе полиуретана; наноразмерных частиц диоксида титана;

изучены спектроскопические, фотосенсибилизационные и фотокаталитические свойства полученных материалов в зависимости от предлагаемой области применения;

продемонстрирована сохраняющаяся после двухмесячного выдерживания в воде антимикробная активность полученных фторопластовых покрытий, модифицированных кластерным комплексом молибдена;

показана устойчивость включенных в полиуретановую матрицу кластерных комплексов к гидролизу и разложению под действием рентгеновского излучения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

получены фундаментальные данные о методах синтеза кластерных комплексов молибдена и вольфрама;

установлен механизм фотокаталитической активности материалов на основе диоксида титана, модифицированного октаэдрическим кластерным комплексом молибдена.

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

получены пленочные материалы, которые демонстрируют высокую антимикробную активность и могут быть использованы в качестве антибактериальных покрытий поверхностей, особенно в местах большого скопления людей;

получены модифицированные полиуретановые наночастицы, обладающие фотосенсибилизационными свойствами и высокой чувствительностью к кислороду, которые перспективны с точки зрения агентов рентген-индуцированной фотодинамической терапии;

показано, что частицы диоксида титана, модифицированные кластерными комплексами, обладают высокой фотокаталитической активностью при облучении ультрафиолетовым, белым или солнечным светом и могут использоваться для очистки сточных вод и воздуха;

продемонстрированы сохраняющиеся фото-, рентгенолюминесцентные и фотосенсибилизационные свойства при включении кластерных комплексов в органическую

матрицу, а также при выдерживании в воде, что свидетельствует о гидролитической стабильности соединений в составе матрицы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила высокий экспериментальный уровень работы. Воспроизводимость полученных результатов и согласованность данных различных физико-химических методов исследования подтверждают достоверность результатов. Публикации в рецензируемых международных журналах свидетельствуют о значимости полученных данных и их признании мировым научным сообществом.

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в постановке цели и задач исследования, анализе литературных данных по теме диссертации, выполнении экспериментальных исследований и обработке полученных данных, обсуждении результатов работы и формулировке выводов, подготовке статей и тезисов докладов. Диссертантом лично выполнены синтезы всех указанных в экспериментальной части октаэдрических кластерных комплексов и материалов, проведены эксперименты по изучению генерации синглетного кислорода и разложению органического красителя. При непосредственном участии диссертанта были изучены люминесцентные характеристики полученных комплексов и материалов в различных условиях и атмосферах, методами электронного парамагнитного резонанса и рентгенофотоэлектронной спектроскопии проведены исследования материалов на основе диоксида титана для предположения механизма фотокаталитической активности материалов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: для подтверждения механизма фотокатализа необходимо определение времен жизни экситонных состояний в диоксиде титана и кластерном комплексе; имеется ли доказательство равномерного распределения кластерных комплексов внутри полиуретановых частиц; объяснение возможности фотосенсибилизации генерации активных форм кислорода включенными во фторопласт частицами кластерных комплексов.

Соискатель Бардин В.А. ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы и пояснил, что, механизм фотокаталитической активности был сделан на основе экспериментально подтвержденной генерации активных радикалов и частиц композиционным материалом на основе диоксида титана, модифицированного октаэдрическим кластерным комплексом молибдена; распределение кластерных комплексов молибдена и вольфрама в частицах на основе полиуретана было изучено на основании результатов энергодисперсионной спектроскопии сухих частиц; фотосенсибилизация генерации синглетной формы кислорода с помощью кластерных комплексов внутри фторопластовых покрытий возможна благодаря высокой кислородной проницаемости материала.

На заседании 1 ноября 2023 г., протокол № 26, диссертационный совет за проведенное исследование в области получения функциональных материалов с включенными октаэдрическими кластерными комплексами молибдена и вольфрама, которое является важной научной и практической задачей, результаты которого могут быть использованы для получения перспективных материалов с заданными фотосенсибилизационными, фотокаталитическими и сенсорными свойствами, принял решение присудить Бардину Вячеславу Александровичу ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 (двадцати трех) человек, из них 9 (девять) докторов наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия, участвовавших в заседании, из 32 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 22 (двадцать два), против – 1 (один), недействительных бюллетеней – 0 (нет).

Заместитель председателя диссертационного совета
д.х.н., профессор


Коренев Сергей Васильевич

Ученый секретарь диссертационного совета
д.х.н., доцент

Потапов Андрей Сергеевич

1 ноября 2023 г.

