



## УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук

д.х.н., профессор РАН  К.А. Брылев

« 13 » мая 2024 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**семинара Отдела химии координационных, кластерных и супрамолекулярных соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук**

Диссертация Вегнер (Марчук) Маргариты Владимировны на тему «Октаэдрические иодидные кластерные комплексы молибдена с  $H_2O$  и ОН-лигандами: синтез, изучение оптических свойств и получение фотокаталитических систем на их основе» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия выполнена в Лаборатории биоактивных неорганических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (ИНХ СО РАН). В период подготовки диссертации с октября 2019 г. по октябрь 2023 г. Вегнер Маргарита Владимировна обучалась в очной аспирантуре ФГБУН «Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук», с августа 2020 г. по настоящее время работает младшим научным сотрудником в Лаборатории биоактивных неорганических соединений ИНХ СО РАН. В 2019 г. окончила ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия».

Диплом об окончании аспирантуры ФГБУН Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН выдан 28 июня 2023 года.

Научный руководитель – кандидат химических наук, старший научный сотрудник Лаборатории биоактивных неорганических соединений ИНХ СО РАН Воротников Юрий Андреевич.

**На семинаре отдела присутствовали:** 37 сотрудников отдела, в том числе 5 докторов наук членов диссертационного совета 24.1.086.01 (д.х.н. Костин Г.А., д.х.н., профессор Коренев С.В., д.х.н. Миронов Ю.В., д.х.н. Потапов А.С., д.х.н., профессор РАН Дыбцев Д.Н.), 3 доктора наук (д.х.н. Гушин А.Л., д.х.н., профессор Лавренова Л.Г., д.х.н. Шестопапов М.А.) и 19 кандидатов наук (к.х.н. Бардин В.А., к.х.н. Баширов Д.А., к.х.н. Вершинин М.А., к.х.н. Воротников Ю.А., к.х.н. Воротникова Н.А., к.х.н. Евтушок Д.В., к.х.н. Ермолаев А.В., к.х.н. Иванов А.А., к.х.н. Коновалов Д.И., к.х.н. Кальный Д.Б., к.х.н. Коковкин В.В., к.х.н. Лаппи Т.И., к.х.н. Коренев С.В., к.х.н. Макотченко Е.В., к.х.н. Подлипская Т.Ю., к.х.н. Пушкаревский Н.А., к.х.н. Руднева Ю.В., к.х.н. Петров П.А., к.х.н. Уланчиков А.А.).

**Слушали:** доклад соискателя Вегнер Маргариты Владимировны по диссертационной работе «Октаэдрические иодидные кластерные комплексы молибдена с  $H_2O$  и ОН-лигандами: синтез, изучение оптических свойств и получение фотокаталитических систем на их основе».

Рецензент – доктор химических наук Миронов Юрий Владимирович.

**Вопросы задавали:** **к.х.н. Руднева Ю. В.** (Почему не взяли коммерческий диоксид титана для получения материалов? Сравнивали ли каталитические свойства полученных материалов с литературными данными?); **д.х.н., проф. Корнев С. В.** (Оценивали ли константу кислотности кластерных комплексов? Каков механизм действия ловушки-оксалата натрия с «дыркой»?); **к.х.н. Пушкаревский Н. А.** (Как определялась концентрация ловушек в эксперименте?); **к.х.н. Улантиков А. А.** (К чему относится плечо в спектре поглощения красителя? Для чего нужно разложение спектров люминесценции на компоненты? Что это дало? Электронные переходы на слайде – это расчетные данные?); **к.х.н. Коковкин В.В.** (Каков продукт каталитического разложения? Контролировали ли получающийся продукт после реакции разложения? Реакция идет на поверхности фотокатализатора? Какая кинетика? Если реакция псевдопервого порядка, то какой реагент в избытке? Какова полнота разложения исходного родамина Б?); **д.х.н., доцент Потапов А. С.** (Как противоион влияет на оптические свойства? Почему в статьях формулировка «аквагидроксо-комплексы», а в докладе «комплексы с  $H_2O$  и ОН-лигандами»? Чем ваши материалы на основе диоксида титана отличаются от известных в литературе, выполненных коллегами?); **д.х.н., доцент Костин Г.А.** (Как отличается схема строения фотокатализатора на основе диоксида титана от предложенной ранее? Насколько воспроизводима ваша система? Можно ли варьировать значения потенциалов в катализаторах? Насколько корректно обрабатывать кривую разложения красителя в приближении реакции псевдопервого порядка? Зафиксирован ли в спектрах поглощения бесцветный остаток разложения родамина Б?); **д.х.н., проф. РАН Дыбцев Д.Н.** (Почему при добавлении гидроксида калия к нейтральному комплексу изменяется гидратное число? Почему расстояния между кластерами влияют на люминесценцию? Согласуется ли это с вашей теорией? За счет чего энергия передается от кластера к кластеру? Насколько Ваши фотокатализаторы устойчивы? Исследовали ли Вы состав фотокатализаторов и раствора после облучения красителем? Что удерживает кластер на поверхности матрицы?); **д.х.н., проф. Лавренова Л. Г.** (Каковы выходы продуктов? В виде чего получены соединения – монокристаллы или порошки? Корректно ли говорить «высокое время»?).

По результатам рассмотрения диссертационной работы «Октаэдрические иодидные кластерные комплексы молибдена с  $H_2O$  и ОН-лигандами: синтез, изучение оптических свойств и получение фотокаталитических систем на их основе» принято следующее заключение:

Диссертационная работа Вегнер Маргариты Владимировны выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (ИНХ СО РАН) в период с 2019 по 2024 гг. в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований ИНХ СО РАН по приоритетному направлению V.44. «Фундаментальные основы химии», программа ФНИ СО РАН V.44.4. «Развитие научных основ направленного синтеза новых неорганических и координационных соединений и функциональных материалов на их

основе». Кроме того, работа была поддержана грантами РФФИ №17-03-00140 и РФФИ №19-73-20109 (руководитель д.х.н. Шестопапов М. А.).

**Личный вклад автора.** Автор принимал участие в постановке цели и задач исследования, обсуждении результатов работы и формулировке выводов. Диссертантом был лично проведен анализ литературных данных по теме работы, были лично выполнены синтезы всех перечисленных в работе соединений и материалов, проведена обработка данных оптических и физико-химических характеристик образцов, а также выполнены эксперименты по фотокатализу. Подготовка статей и тезисов докладов осуществлялась совместно с научным руководителем и соавторами работ.

Элементный анализ АЭС-ИСП был проведен к.х.н. Цыганковой А. Р., регистрация спектров отражения и поглощения твердотельных образцов была проведена Юшиной И. В., запись спектров люминесценции, измерение квантового выхода и времени жизни люминесценции проводил к.ф.-м.н. Берёзин А. С., запись РФЭС-спектров проводил к.ф.-м.н. Асанов И. П. Определение площади поверхности и структуры пор проводилось к.х.н. Коваленко К. А. Решение структур и уточнение на основе данных монокристалльного РСА делал д.х.н. Шестопапов М. А.

#### **Актуальность темы исследования.**

Октаэдрические иодидные кластерные комплексы молибдена обладают примечательными свойствами с прикладными перспективами. Среди них можно выделить высокую рентгеноконтрастность, яркую люминесценцию в красной и ближней ИК-области, а также способность фотосенсибилизировать процесс генерации синглетного кислорода. Благодаря данному набору свойств такие соединения могут найти применение в ряде областей (биомедицина, фотовольтаика, фотокатализ и др.). По этой причине химия октаэдрических кластерных комплексов молибдена в настоящее время активно развивается. Помимо получения новых соединений ведется разработка материалов на их основе в целях комбинирования свойств матрицы-носителя и кластерного комплекса, а также в целях стабилизации комплекса (то есть предотвращения процесса гидролиза). В целом, гидролиз таких соединений считается нежелательным процессом с точки зрения практического применения, однако ему подвержены большинство октаэдрических кластерных комплексов.

Кроме вопросов о практическом применении ставятся также и вопросы фундаментального характера. Одним из них является рассмотрение факторов (плотность кристаллической упаковки вещества и тип внешнего лиганда в комплексе), влияющих на люминесценцию октаэдрических кластерных комплексов, что впоследствии позволило бы целенаправленно получать соединения с заданными свойствами.

Продукты гидролиза, а именно различные кластерные комплексы молибдена с  $H_2O$  и  $OH^-$ -лигандами, могут дать более детальное представление о влиянии различных факторов на оптические свойства ввиду их схожего лигандного окружения, а также возможности изменять это окружение под действием pH среды. Кроме того, комбинирование оптических свойств таких соединений с фотоактивной матрицей позволит добиться синергетического эффекта в фотоактивируемых процессах. В данной работе в качестве таких матриц предложены модифицированный нитрид бора с гексагональной решеткой (h-BN) и диоксид титана. Изучение фотокаталитических свойств полученных материалов даст дополнительную информацию о применении октаэдрических кластерных комплексов в фотокатализе.

Таким образом, изучение химических и оптических свойств продуктов гидролиза октаэдрических иодидных кластерных комплексов молибдена является актуальной задачей. Данная работа демонстрирует потенциал их применения с фундаментальной и практической точки зрения.

### Научная новизна.

В рамках настоящей работы была получена серия кластерных комплексов  $\{Mo_6I_8\}$  с  $H_2O$  и  $OH^-$ -лигандами: катионные  $[\{Mo_6I_8\}(H_2O)_4(OH)_2](An)_2 \cdot nH_2O$  ( $An$  – «anion»,  $An = NO_3^-$ ,  $n = 3$ ;  $An = OTs^-$ ,  $n = 2$ ,  $OTs^-$  – *p*-толуолсульфонат),  $[\{Mo_6I_8\}(H_2O)_4(OH)_2]((PhO)_2PO_2)_2 \cdot 6H_2O \cdot 2EtOH \cdot 2(PhO)_2PO_2H$ ,  $[\{Mo_6I_8\}(H_2O)_6](An)_4 \cdot nH_2O$  ( $An = NO_3^-$ ,  $n = 2$ ;  $An = OTs^-$ ,  $n = 0$ ;  $An = ClO_4^-$ ,  $n = 2$ ;  $An = SO_3CF_3^-$ ,  $n = 2$ ) и нейтральный  $[\{Mo_6I_8\}(H_2O)_2(OH)_4] \cdot 12H_2O$ . Близкий состав полученных комплексов позволил изучить влияние кристаллической упаковки (плотности кристаллов) и состава лигандного окружения на оптическое поглощение и фотолюминесценцию. Для полноты сравнения в группу исследуемых веществ были включены известные нейтральные комплексы  $[\{Mo_6I_8\}(H_2O)_2(OH)_4] \cdot 2H_2O$  и  $[\{Mo_6I_8\}(H_2O)_2(OH)_4] \cdot 14H_2O$ . Показано, что на поглощение оказывает влияние только тип лиганда в комплексе. Также для всех полученных соединений показан многокомпонентный характер люминесценции. Плотность упаковки вещества и тип лиганда в кластерном комплексе оказывает влияние на первые две высокоэнергетические компоненты спектра. Варьирование данных параметров приводит к перераспределению вкладов компонент.

Кроме того, получены новые кластер-содержащие фотокатализаторы на основе  $[\{Mo_6I_8\}(H_2O)_2(OH)_4] \cdot nH_2O$  и модифицированного *h*-BN путем вымачивания матрицы в растворе комплекса  $(Bu_4N)_2[\{Mo_6I_8\}(NO_3)_6]$  в различных массовых соотношениях. Присутствие комплекса в материалах приводит к возникновению поглощения в видимой области спектра до  $\sim 700$  нм. При изучении фотокаталитической активности было выявлено, что наибольшую скорость разложения красителя родамина Б при УФ-облучении имеет образец с наибольшим содержанием кластерного комплекса (эффективная константа скорости равна  $0,06 \text{ мин}^{-1}$ ). Данный фотокатализатор сохраняет свою активность на протяжении 6 циклов разложения красителя. Проведена оценка вкладов активных частиц в фотокаталитический процесс с помощью экспериментов с ловушками. Наибольший вклад вносят частицы  $O_2^{\cdot -}$ . На основе полученных данных предположено, что основные фотоактивные центры в материале располагаются на поверхности пленки  $[\{Mo_6I_8\}(H_2O)_2(OH)_4] \cdot nH_2O$ , в то время как BNNS способствует наиболее эффективному разделению электрон-дырочной пары.

Другие фотокатализаторы на основе  $TiO_2$  и  $[\{Mo_6I_8\}(H_2O)_2(OH)_4] \cdot nH_2O$  были получены методом пропитки  $TiO_2$  комплексом  $[\{Mo_6I_8\}(DMCO)_6](NO_3)_4$  в водном растворе в различных массовых соотношениях. Осаждение кластера приводит к умеренному увеличению поглощения материала в видимом диапазоне до  $\sim 500$  нм. Оценка фотокаталитической активности образцов в реакции разложения красителя родамина Б показала, что все материалы проявляют одинаковую активность: эффективные константы скорости равны  $\sim 0,12 \text{ мин}^{-1}$ , как при УФ-, так и при солнечном облучении. Продемонстрировано, что кластер-содержащий материал стабилен не менее 5 циклов фотокаталитического разложения красителя без потери эффективности. Показано, что в фотокаталитическом процессе превалирует вклад частиц  $O_2^{\cdot -}$ ,  $e^-$  и  $h^+$ . Высокая активность материалов по сравнению с чистым  $TiO_2$  при воздействии всех активных частиц, что свидетельствует об образовании гетероперехода S-схемы в катализаторах.

### Теоретическая и практическая значимость работы.

В рамках данной работы расширено число октаэдрических иодидных кластерных комплексов молибдена. Исходя из данных, полученных при изучении их оптических свойств, выведены закономерности изменения поглощения и люминесценции от плотности упаковки кристалла и типа внешних лигандов. Подразумевается, что полученные зависимости могут быть применимы к другим семействам кластерных комплексов, что позволит проводить тонкую настройку оптических свойств для дальнейших фундаментальных и прикладных исследований. Помимо этого, материалы на основе аквагидроксо-комплексов и BNNS или диоксида титана проявили себя как эффективные фотокатализаторы в реакциях разложения

красителя родамина Б, что раскрывает потенциал применения кластерных комплексов в качестве фотокатализаторов.

Результаты данной работы вносят вклад как в фундаментальную область исследований октаэдрических кластерных комплексов, так и демонстрируют их возможное практическое применение.

#### **Методология и методы диссертационного исследования.**

Методология исследования включает в себя разработку метода синтеза новых октаэдрических иодидных кластерных комплексов молибдена, а также разработку метода получения материалов на основе модифицированного h-BN (BNNS) или  $\text{TiO}_2$  и октаэдрических кластерных комплексов  $\{\text{Mo}_6\text{I}_8\}$  с  $\text{H}_2\text{O}$  и OH-лигандами. Получение октаэдрических кластерных комплексов также включает в себя выделение их в виде индивидуальных соединений, выращивание монокристаллов, изучение состава, строения и физико-химических свойств. Характеризация соединений проводилась на современном оборудовании при использовании общепризнанных методов, таких как энергодисперсионная спектроскопия (ЭДС), рентгеноструктурный анализ (РСА), рентгенофазовый анализ (РФА), термогравиметрический анализ (ТГА), инфракрасная спектроскопия (ИК). Для изучения оптических свойств комплексов регистрировали спектры люминесценции, а также спектры электронного поглощения (ЭСП) водных растворов и твердых веществ. Для определения ширины запрещенной зоны твердотельных материалов были записаны спектры оптического диффузного отражения, которые затем преобразовывали в спектры поглощения в рамках теории Кубелки–Мунка.

Состав и морфологию полученных материалов на основе диоксида титана изучали с помощью элементного анализа (ИСП-АЭС), просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), адсорбции азота по БЭТ, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). Фазовый состав отслеживали с помощью рентгенофазового анализа.

Реакции фотокаталитического разложения родамина Б проводили в присутствии материалов под действием УФ-облучения ( $\lambda = 365 \pm 5$  нм,  $\sim 13$  мВт/см<sup>2</sup>), а также солнечного света (мощность солнечного света =  $\sim 30$ -35 мВт/см<sup>2</sup>, температура воздуха  $\sim 25$  °С). Для оценки концентрации красителя регистрировали электронные спектры поглощения аликвот. Влияние активных частиц, участвующих в фотокаталитическом процессе, для материалов на основе BNNS оценивалось путем проведения аналогичных экспериментов с УФ-светом в присутствии ловушек: аскорбиновая кислота,  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ , этанол (С = 10 мМ). Для материалов на основе  $\text{TiO}_2$  использовались ловушки:  $(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4, \text{AgNO}_3, i\text{-PrOH})$ , С = 10 мМ.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- методы синтеза новых 8 октаэдрических иодидных кластерных комплексов молибдена, охарактеризованных с помощью рентгеноструктурного анализа;
- получение материалов на основе BNNS или  $\text{TiO}_2$ , содержащих нейтральный кластерный комплекс  $[\{\text{Mo}_6\text{I}_8\}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{OH})_4] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ;
- результаты исследования всех полученных соединений и материалов с помощью различных аналитических и спектроскопических методов анализа (РСА, РФА, ИК- и электронная спектроскопия, элементный анализ и др.);
- результаты изучения оптического поглощения, люминесцентных свойств и определения фотофизических показателей для полученных образцов;
- результаты исследования фотокаталитических свойств полученных материалов.

#### **Степень достоверности результатов исследований.**

Достоверность представленных результатов основывается на высоком методическом уровне проведения работы, согласованности экспериментальных данных с данными других исследований. Корректность полученных результатов подтверждается их воспроизводимостью. Признание результатов работы мировым научным сообществом подтверждается наличием

публикаций по результатам выполненной работы в рецензируемых журналах различного уровня и высокой оценкой на российских и международных конференциях.

#### **Соответствие специальности 1.4.1. Неорганическая химия.**

Диссертационная работа соответствует п. 1. «Фундаментальные основы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе» и п. 5. «Взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений. Неорганические наноструктурированные материалы» паспорта специальности 1.4.1 – неорганическая химия.

#### **Полнота опубликования результатов**

По теме диссертационной работы опубликовано 4 статьи в международных журналах, входящих в перечень индексируемых в международных системах научного цитирования Web of Science и Scopus. В материалах международных и российских конференций опубликованы тезисы 8 докладов.

Основные результаты работы изложены в следующих публикациях в рецензируемых изданиях:

1. Ivanova M.N., Vorotnikov Y.A., Plotnikova E.E., Marchuk (Vegner) M.V., Ivanov A.A., Asanov I.P., Tsygankova A.R., Grayfer E.D., Fedorov V.E., Shestopalov M.A. Hexamolybdenum clusters supported on exfoliated h-BN nanosheets for photocatalytic water purification // *Inorg. Chem.* 2020. – V. 59, No. 9. - P. 6439-6448. ✓
2. Marchuk (Vegner) M.V., Vorotnikova N.A., Vorotnikov Y.A., Kuratieva N.V., Stass D.V., Shestopalov M.A. Optical properties regularities in the family of  $\{Mo_6I_8\}$  aquahydroxo complexes // *Dalton Trans.* 2021. –V. 50, No. 25. - P. 8794-8802. ✓
3. Marchuk (Vegner) M.V., Asanov I.P., Panafidin M.A., Vorotnikov Y.A., Shestopalov M.A. Nano  $TiO_2$  and molybdenum/tungsten iodide octahedral clusters: synergism in UV/visible-light driven degradation of organic pollutants // *Nanomaterials* 2022. –V. 12, No. 23. -P. 4282. ✓
4. Marchuk (Vegner) M.V., Vorotnikov Y.A., Kuratieva N.V., Shestopalov M.A., Cationic cluster complex  $[\{Mo_6I_8\}(H_2O)_4(OH)_2]^{2+}$  with diphenyl phosphate anions: structure and optical properties behavior // *Inorg. Chim. Acta* - 2024. - V. 560, P. 121819 ✓

Материалы диссертационной работы представлены на конференциях:

1. Вегнер М.В. Фотокаталитическое разложение родамина Б в присутствии диоксида титана, допированного октаэдрическими галогенидными кластерными комплексами молибдена // Ломоносов – 2018. 8-14 апреля 2018 г. – Москва, 2018. С. 380.
2. Марчук М.В. Фотокаталитическое разложение родамина Б в присутствии диоксида титана, допированного октаэдрическими кластерными комплексами молибдена, вольфрама и рения // Менделеевская школа-конференция – 2019. 21-27 апреля 2019 г. – Иваново, 2019. С. 89.
3. Марчук М.В., Воротников Ю.А. Материалы на основе диоксида титана, допированного октаэдрическими кластерными комплексами молибдена, вольфрама и рения, в качестве фотокатализаторов для разложения Родамина Б // ICFM-2019. 30 сентября – 4 октября 2019 г. – Новосибирск, 2019. С. 52.
4. Марчук М.В., Воротников Ю.А. Фотокаталитическое разложение Родамина Б в присутствии материалов на основе диоксида титана и октаэдрических кластерных комплексов молибдена и вольфрама // СКС-XVII. 10 – 13 сентября 2020 г. – Краснодар, 2020. С. 19.

5. Марчук М.В. Изучение оптических свойств рН-чувствительного семейства комплексов  $\{Mo_6I_8\}$  с  $H_2O$  и ОН-лигандами // Конкурс научных работ молодых учёных, посвящённый 85-летию со дня рождения д.х.н., профессора Станислава Васильевича Ларионова. 22 декабря 2021 г. – Новосибирск, 2021. С 15.
6. Марчук М.В., Воротников Ю. А., Шестопапов М.А. Получение рН-чувствительного семейства комплексов  $\{Mo_6I_8\}$  с  $H_2O$  и ОН-лигандами и изучение их оптических свойств // СКС-ХІХ. 18-23 сентября 2022 г. – Туапсе, 2022. С. 156.
7. Марчук М.В., Воротников Ю. А., Шестопапов М.А. рН-чувствительное семейство комплексов  $\{Mo_6I_8\}$  с  $H_2O$  и ОН-лигандами и их оптические свойства // ICFM-2022. 27 – 30 сентября 2022 г. – Новосибирск, 2022. С. 84.
8. Марчук М.В., Воротников Ю. А., Шестопапов М.А. Получение и изучение оптических свойств рН-чувствительного семейства комплексов  $\{Mo_6I_8\}$  с  $H_2O$  и ОН-лигандами // Кластер-2022. 4-7 октября 2022 г. – Нижний Новгород, 2022. С. 108.

**Ценность научных работ соискателя ученой степени** заключается в том, что в них представлены результаты комплексного исследования, посвящённого получению новых комплексов с  $H_2O$  и ОН-лигандами, изучению их оптических свойств и демонстрации их возможного применения в области фотокатализа

Соавторы публикаций не возражают против использования материалов перечисленных работ в диссертации Вегнер Маргариты Владимировны. Опубликованные работы полностью отражают содержание диссертационной работы.

#### **Решение о рекомендации работы к защите**

Автор диссертации Вегнер Маргарита Владимировна является сложившимся исследователем, хорошо ориентируется в научной литературе в области диссертационной работы и владеет навыками экспериментальной работы. Вегнер Маргарита Владимировна способна самостоятельно формулировать задачи исследования и находить пути их решения, обладает высокой самостоятельностью, работоспособностью и ответственностью в проведении исследований. Научные положения и выводы диссертационной работы, выполненной Вегнер Маргаритой Владимировной, не вызывают сомнения. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

**В обсуждении работы выступили:** научный руководитель к.х.н. Воротников Ю. А., рецензент д.х.н. Миронов Ю. В., д.х.н. Шестопапов М. А., д.х.н., профессор Коренев С. В., д.х.н., профессор РАН Дыбцев Д. Н.

В ходе обсуждения было отмечено, что диссертационная работа Вегнер Маргариты Владимировны является важным исследованием, выполненным на высоком современном экспериментальном и теоретическом уровне. В данной работе получены новые октаэдрические иодидные кластерные комплексы молибдена с  $H_2O$  и ОН-лигандами, изучены факторы, влияющие на их оптические свойства, а также разработаны фотокатализаторы на их основе. Соискатель самостоятельно выполнил всю синтетическую часть работы, занимался пробоподготовкой для исследований физико-химическими методами анализа, а также последующей интерпретацией и обработкой результатов. Кроме того, автором были лично проведены все эксперименты по фотокаталитическому разложению красителя. Диссертация содержит достаточный объём материала и посвящена получению новых октаэдрических иодидных кластерных комплексов молибдена с  $H_2O$  и ОН-

лигандами, изучению их строения, оптических и люминесцентных свойств, а также демонстрирует их возможное применение в области фотокатализа.

Работа отвечает требованиям п. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых ВАК РФ к кандидатским диссертациям.

**ПОСТАНОВИЛИ:** диссертация «**Октаэдрические иодидные кластерные комплексы молибдена с  $H_2O$  и OH-лигандами: синтез, изучение оптических свойств и получение фотокаталитических систем на их основе**» ВЕГНЕР МАРГАРИТЫ ВЛАДИМИРОВНЫ рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

Заключение принято на заседании отдела химии координационных, кластерных и супрамолекулярных соединений ИНХ СО РАН. Присутствовало на заседании 37 человек. Результаты голосования «за» – 37 чел., «против» – нет, «воздержавшиеся» – нет, протокол № 304 от 19 апреля 2024 г.

Председатель семинара

г. н. с. лаборатории металл-органических  
координационных полимеров

д.х.н., профессор РАН

Секретарь семинара

с.н.с. лаборатории химии комплексных соединений  
к.х.н.

Данил Николаевич Дыбцев

Евгения Васильевна Макотченко