

УТВЕРЖДАЮ

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



Д.Х.н., профессор С.В. Корнев

» 1 апреля 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация Дубских Вадима Андреевича на тему «Координационные полимеры с тиофенсодержащими лигандами: синтез и функциональные свойства» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия выполнена в Лаборатории металл-органических координационных полимеров 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 сентябрь 2024 г. Дубских Вадим Андреевич обучался в очной аспирантуре ИНХ СО РАН, с сентября 2020 г. по настоящее время работает младшим научным сотрудником в Лаборатории металл-органических координационных полимеров ИНХ СО РАН. В 2019 г. окончил ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия».

Диплом об окончании аспирантуры выдан ФГБУН Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН 27 июня 2024 года.

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник Лаборатории металл-органических координационных полимеров ИНХ СО РАН Дыбцев Данил Николаевич.

На семинаре отдела присутствовали: 61 сотрудник отдела, в том числе 12 докторов наук, членов диссертационного совета 24.1.086.01 (д.х.н. Артемьев А.В., д.х.н., профессор РАН Брылев К.А., д.х.н., профессор РАН Дыбцев Д.Н., д.х.н., доцент Костин Г.А., д.х.н., профессор Корнев С.В., д.х.н., профессор Миронов И.В., д.х.н. Миронов Ю.В., д.х.н., доцент Конченко С.Н., д.х.н., доцент Потапов А.С., д.х.н., профессор РАН Соколов М.Н., д.х.н., чл.-к. РАН Федин В.П., д.х.н. Гущин А.Л.), 1 доктор наук (д.х.н. Булавченко А.И.) и 33 кандидата наук (к.х.н. Артемкина С.Б., к.х.н. Афонин М.Ю., к.х.н. Бондаренко М.А., к.х.н. Бардин В.А., к.х.н. Баширов Д.А., к.х.н. Баранов А.Ю., к.х.н. Вершинин М.А., к.х.н. Вегнер М.В., к.х.н. Виноградова К.А., к.х.н. Воротников Ю.А., к.х.н. Воротникова Н.А., к.х.н. Ермолаев А.В., к.х.н. Давыдова М.П., к.х.н. Иванов А.А., к.х.н. Загузин А.С., к.х.н. Завахина М.С., к.х.н. Коробейников Н.А., к.х.н. Коваленко К.А., к.х.н. Лысова А.А., к.х.н. Макотченко Е.В., к.х.н. Руднева Ю.В., к.х.н. Попов А.А., к.х.н. Петров П.А., к.х.н. Поповецкий П.С., к.х.н. Подлипская Т.Ю., к.х.н. Павлов Д.И., к.х.н. Павлова В.В., к.х.н. Пронин А.С., к.х.н. Савков Б.Ю., к.х.н. Самсоненко Д.Г., к.х.н. Пушкаревский Н.А., к.х.н. Филатов Е.Ю., к.х.н. Яровой С.С.).

Слушали: доклад соискателя Дубских Вадима Андреевича по диссертационной работе «Координационные полимеры с тиофенсодержащими лигандами: синтез и функциональные свойства».

Рецензент – доктор химических наук, профессор РАН, заведующий Лабораторией синтеза комплексных соединений ИНХ СО РАН Соколов Максим Наильевич.

Вопросы задавали: **чл.-к. РАН, д.х.н. Федин В.П.** (В четвертом выводе говорится о предпочтительной адсорбции циклогексана по отношению к бензолу при низких давлениях. С чем связан этот эффект? В пятом выводе есть несоответствие.); **д.х.н., профессор Коренев С.В.** (Насколько достоверно, что циклогексан сорбируется в большей степени, чем бензол при малом давлении? Какой размер ошибки измерения изотерм адсорбции паров жидкостей? В седьмом выводе говорится о тушении фотолюминесценции. Действительно ли происходит понижение интенсивности фотолюминесценции в присутствии тиофена? Проводился синтез гетерометаллического координационного полимера прямым способом с одновременным использованием источников ионов цинка(II) и меди(II)?); **к.х.н. Филатов Е.Ю.** (Как влияет температура и время синтеза на конечный состав продуктов? Как происходит выбор оптимальных условий проведения синтеза? Чему соответствует желтая линия на графике обратной магнитной восприимчивости координационного полимера на основе ионов Co^{2+} ? Как было рассчитано соотношение цинк/медь в гетерометаллическом координационном полимере? Какая точность энергодисперсионного анализа?); **д.х.н., профессор РАН Брылев К.А.** (При варьировании соотношения исходных компонентов меняется только концентрация N-донорного лиганда? Соотношение металла и карбоксилатного лиганда остается постоянным? С чем связано увеличение интенсивности фотолюминесценции в присутствии пиридина и уменьшение интенсивности фотолюминесценции в присутствии тиофена? Почему в случае пиридина наблюдается увеличение квантового выхода, а в случае тиофена уменьшение квантового выхода не происходит?); **д.х.н., доцент Потапов А.С.** (Почему значения адсорбционной емкости бензола и циклогексана, выраженные в массовых % различаются не столь значительно, как адсорбционная емкость, выраженная в ммоль/г? Что означают массовые %?); **д.х.н., профессор Миронов И.В.** (У циклогексана и бензола одинаковое давление паров? Каким образом рассчитываются коэффициенты селективности? Проводится конкурентная адсорбция из смеси двух газов?); **Мартыненко П.А.** (Как определялась природа π - π переходов в лигандах, ответственная за фотолюминесцентные свойства? Проводились квантово-химические расчеты, подтверждающие такие переходы?); **д.х.н., доцент Костин Г.А.** (Проводились ли попытка расчета эффективного магнитного момента на биядерный вторичный строительный блок?); **к.х.н. Загузин А.С.** (Чем объясняется повышенная стабильность координационного полимера на основе ионов меди(II) по сравнению с аналогичными соединением на основе ионов цинка(II)?); **д.х.н., доцент Конченко С.Н.** (Какой механизм обмена ионов цинка(II) на ионы меди(II)? Происходит полное разрушение каркаса с последующим восстановлением структуры? Возможно таким способом получить полностью замещенный координационный полимер на основе ионов меди(II)?); **к.х.н. Руднева Ю.В.** (Почему интенсивность рефлексов на экспериментальной дифрактограмме не совпадает с интенсивность на рассчитанной?); **к.х.н. Павлов Д.И.** (Как можно оценить равномерность протекания процесса обмена ионов цинка(II) на ионы меди(II) в кристалле?)

По результатам рассмотрения диссертационной работы «Координационные полимеры с тиофенсодержащими лигандами: синтез и функциональные свойства» принято следующее заключение:

Диссертационная работа Дубских Вадима Андреевича 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». Работа была поддержана грантами РФФИ № 18-13-00203 (руководитель Д.Н. Дыбцев) и РФФИ № 20-43-540010 совместно с Правительством Новосибирской области (руководитель А.А. Лысова). Работа была отмечена премией им. Академика А.В. Николаева (ИНХ СО РАН).

Личный вклад автора. Постановка задач, планирование экспериментов проводились совместно с научным руководителем. Синтезы всех указанных в экспериментальной части соединений, интерпретация их ИК-спектров, спектров люминесценции, термограмм, дифрактограмм, пробоподготовка для элементного анализа и сорбционных экспериментов выполнены диссертантом. Обсуждение полученных результатов и подготовка публикаций по теме диссертации проводились совместно с соавторами работ и научным руководителем.

Актуальность темы исследования. Металл-органические координационные полимеры (МОКП) представляют собой класс соединений, состоящий из ионов или полиядерных кластеров металлов и мостиковых органических лигандов – линкеров, собранных в непрерывные мотивы внутри кристаллической структуры. Уникальная химия каждого отдельно взятого металла/кластера с одной стороны и богатство органических лигандов с другой обуславливает широкое разнообразие не только возможных структурных типов координационных полимеров, но и функциональных свойств соответствующих соединений и материалов. На протяжении последних двух с половиной десятилетий химия МОКП интенсивно расширяет свои границы, как в части увеличения количества новых соединений и более глубокого исследования их свойств, так и в демонстрации новых потенциальных применений. Пористые координационные полимеры и композиты на их основе являются наиболее перспективными материалами для хранения газов и разделения сложных смесей. Каталитические свойства, люминесцентные свойства, молекулярная сенсорика, ион-проводящие, магнитные свойства МОКП неизменно находятся в центре внимания научного сообщества, что подтверждается растущим из года в год количеством публикаций и обзоров. Находясь на стыке неорганической, органической, координационной, физической химии и материаловедения, химия МОКП являются одной из самых динамических областей современной науки.

Несмотря на очевидные успехи и достижения, наблюдается некоторое замедление прогресса в разработке пористых МОКП с высокими значениями адсорбционной емкости и/или адсорбционной селективности по отношению к смесям близким по характеристикам веществ, в то время как требования к адсорбентам, выдвигаемые промышленностью, продолжают неуклонно расти. Поскольку свойства любого материала неразрывно связаны с его химическим составом и кристаллической структурой, очевидно, что прогресс в улучшении характеристик МОКП должен быть связан с включением в эту химию новых неорганических блоков и/или органических лигандов, которые были либо обделены вниманием, либо вовсе не использовались, но при этом обладают интересным структурообразующим потенциалом и перспективной функциональностью. В настоящее время подавляющее большинство пористых МОКП построены на основе ароматических мостиковых лигандов (например, терефталевая кислота, бипиридил), что объясняется их структурной жесткостью и синтетической доступностью. Аналоги производных бензола, имеющие в своей структуре тиофеновые гетероциклические фрагменты, существенно меньше задействованы в химии МОКП. Например, в Кембриджском банке данных имеется 1400 МОКП, содержащих терефталатный мостик, а для его ближайшего гетероциклического аналога – иона 2,5-тиофендикарбоновой кислоты – 260 примеров, что не мало, но гораздо меньше, чем терефталатных МОКП. Вместе с тем, использование лигандов на основе тиофеновых гетероциклических фрагментов является весьма перспективным способом расширить структурное разнообразие и обогатить функциональные характеристики МОКП. Известно, что тиофеновый гетероцикл более насыщен электронами по сравнению с бензольным кольцом, что должно отражаться в люминесцентных, электронных и магнитных

свойствах соответствующих МОКП. Кроме того, относительно крупный атом серы может выступать дополнительным адсорбционным центром за счет своей «мягкой» (по Пирсону) химической природы и способности образовывать индукционные диполь-дипольные взаимодействия. Следует отметить, что до начала настоящей работы имелось несколько примеров, демонстрирующих, что включение в структуру МОКП тиофенсодержащих лигандов приводит к улучшению адсорбционных и люминесцентных свойств.

Несмотря на то, что переход к мостиковым лигандам, содержащим несколько тиофеновых фрагментов, является перспективным шагом на пути совершенствования функциональных свойств МОКП, данное направление изучено совсем мало. Так, на момент начала настоящей работы в Кембриджском банке данных имелось лишь 20 примеров МОКП с тиено[3,2-*b*]тиофен-2,5-дикарбоксилатом (ttdc^{2-}) и 17 примеров МОКП на основе мостикового иона 2,2'-бифиофен-5,5'-дикарбоновой кислоты (H_2btdc). В то же время, с их близкими структурными аналогами, 2,6-нафталиндикарбоксилатом и бифенил-4,4'-дикарбоксилатом, было известно более пятисот и шестисот структур, соответственно. Получение новых МОКП на основе H_2ttdc и H_2btdc и установление их кристаллического строения является важной научной задачей в области неорганического синтеза. Еще более значимым является систематическое изучение свойств таких соединений с целью установления обобщенных закономерностей между структурой и свойствами МОКП на основе тиофеновых лигандов

Научная новизна. Синтезированы и охарактеризованы рядом физико-химических методов 27 новых координационных полимеров на основе тиофенсодержащих лигандов. Кристаллическое строение всех соединений установлена методом монокристаллической и/или порошковой рентгеновской дифракции.

Установлены взаимосвязи между условиями синтеза МОКП, химическим составом и кристаллическим строением.

Показана зависимость магнитных свойств от структурных особенностей для координационных полимеров на основе Mn^{2+} , Co^{2+} и Ni^{2+} .

Изучены адсорбционные свойства металл-органических каркасов $[\text{Co}_3(\text{btdc})_3(2,2'\text{-bpy})_2]$ и $[\text{Mn}_3(\text{btdc})_3(2,2'\text{-bpy})_2]$. Данные соединения обладают значительными показателями селективности для газовых смесей CO_2/N_2 , CO_2/CO и CO_2/O_2 .

Изучены газоадсорбционные свойства пористого МОКП $[\text{Zn}_2(\text{ttdc})_2(4,4'\text{-bpy})]$. Каркас демонстрирует повышенную селективность по отношению к углекислому газу и этану. Теоретические расчеты выявили определяющую роль серосодержащих фрагментов в адсорбции этих газов.

Продемонстрированы высокие значения удельной площади поверхности и объема пор для металл-органического каркаса $[\text{Cu}_2(\text{ttdc})_2(\text{dabco})]$. Осуществлено постсинтетическое замещение катионов $\text{Zn}(\text{II})$ в соединении $[\text{Zn}_2(\text{ttdc})_2(\text{dabco})]$ на ионы $\text{Cu}(\text{II})$.

Изучены фотолюминесцентные свойства МОКП на основе Pb^{2+} и Cd^{2+} . Для каркасов на основе ионов кадмия(II) продемонстрирован селективный люминесцентный отклик на пиридин (разгорание люминесценции) с увеличением квантового выхода.

Теоретическая и практическая значимость работы. Установление условий и закономерностей синтеза металл-органических координационных полимеров на основе тиофенсодержащих лигандов является важным вкладом в фундаментальные знания в области координационной и супрамолекулярной химии. Полученные результаты могут быть использованы в научно-исследовательских организациях, осуществляющих исследования в области получения новых материалов с заданными функциональными свойствами. Синтезированные перманентно пористые МОКП, обладающие повышенной селективностью по отношению к углекислому газу и низкой теплотой его адсорбции показывает перспективность их использования в практических приложениях для очистки природного, сланцевого и попутного нефтяного газа и разделения на ценные индивидуальные компоненты.

Методология и методы диссертационного исследования Данная работа выполнена в области синтетической химии координационных полимеров. Значительной частью работы

является получение и оптимизация методик синтеза новых металл-органических координационных полимеров, а также выращивание их монокристаллов для проведения рентгеноструктурного анализа (РСА) в том числе с использованием синхротронного излучения. Для подтверждения фазового и химического состава использовались следующие физико-химические методы: рентгенофазовый анализ (РФА), элементный (С, Н, N, S) анализ, термогравиметрический анализ (ТГА), а также исследования методами энергодисперсионной рентгеновской и ИК-спектроскопии. Для изучения оптических свойств проводилась запись спектров люминесценции кристаллических образцов. При дальнейшем изучении физико-химических свойств использовались данные, полученные современными методами измерения магнитной восприимчивости и магнитного момента. Текстуальные характеристики образцов изучались методом низкотемпературной адсорбции азота и диоксида углерода. По данным однокомпонентных изотерм адсорбции газов и паров жидкостей рассчитывались изостерические теплоты адсорбции и факторы селективности. С помощью спектроскопии ЯМР ^1H определялось соотношение гостевых молекул при адсорбции из жидкой фазы. Квантово-химические расчеты для пористых каркасов проводились по теории функционала плотности.

Положения, выносимые на защиту:

- методики синтеза и данные о составе и строении 26 новых координационных полимеров на основе тиофенсодержащих лигандов;
- результаты магнитных измерений для МОКП на основе Ni^{2+} , Co^{2+} и Mn^{2+} ;
- методики активации и результаты сорбционных измерений газов и паров для координационных полимеров на основе Zn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} и Mn^{2+} ;
- результаты изучения возможности постсинтетического обмена металлов для МОКП на основе Zn^{2+} ;
- результаты по данным люминесцентных свойств МОКП на основе Pb^{2+} и Cd^{2+} .

Степень достоверности результатов исследований. Применение современных аналитических и физико-химических методов, обеспечивающих достаточную чувствительность, точность и надежность в части характеризации состава, строения и свойств полученных соединений, внутренняя согласованность различных экспериментальных данных, их соответствие актуальным теоретическим представлениям, а также имеющимся из научной литературы примерам, свидетельствует о высокой достоверности результатов.

Соответствие специальности 1.4.1. Неорганическая химия. Диссертационная работа соответствует направлениям 2 «Дизайн и синтез новых неорганических соединений и особо чистых веществ с заданными свойствами» и 5 «Взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений. Неорганические наноструктурированные материалы» специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

Полнота опубликования результатов

По теме диссертационной работы опубликовано десять статей в международных и российских журналах, которые входят в перечень индексируемых в международных системах научного цитирования Web of Science и Scopus. В материалах международных и российских конференций опубликованы тезисы шести докладов.

Основные результаты работы изложены в следующих публикациях в рецензируемых изданиях:

1. Дубских В.А., Лысова А.А., Самсоненко Д.Г., Самсонов В.А., Рядун А.А., Дыбцев Д.Н., Федин В.П. Строение и люминесцентные свойства координационных полимеров, содержащих свинец(II) и тиофеновые лиганды // Журнал структурной химии. 2020. Т. 61. № 11. С. 1895-1905.
2. Дубских В.А., Лысова А.А., Самсоненко Д.Г., Лавров А.Н., Дыбцев Д.Н., Федин В.П. Координационные полимеры $\text{Ni}(\text{II})$ с тиофеновыми лигандами: синтез, строение и магнитные свойства // Координационная химия. 2021. Т. 47. № 10. С. 598-603.

3. Dubskikh V.A., Lysova A.A., Samsonenko D.G., Lavrov A.N., Kovalenko K.A., Dybtsev D.N., Fedin V.P. 3D Metal–Organic Frameworks Based on Co(II) and Bithiophendicarboxylate: Synthesis, Crystal Structures, Gas Adsorption, and Magnetic Properties // *Molecules*. 2021. V. 26. № 5. 1269.
4. Dubskikh V.A., Kovalenko K.A., Nizovtsev A.S., Lysova A.A., Samsonenko D.G., Dybtsev D.N., Fedin V.P. Enhanced Adsorption Selectivity of Carbon Dioxide and Ethane on Porous Metal–Organic Framework Functionalized by a Sulfur-Rich Heterocycle // *Nanomaterials*. 2022. V. 12. № 23. 4281.
5. Дубских В.А., Лысова А.А., Самсоненко Д.Г., Дыбцев Д.Н., Федин В.П. Синтез и строение координационных полимеров на основе мостикового лиганда с тиенотиофеновым остовом // *Журнал структурной химии*. 2022. Т. 63. № 2. С. 163-170.
6. Дубских В.А., Лысова А.А., Самсоненко Д.Г., Дороватовский П.В., Лазаренко В.А., Дыбцев Д.Н., Федин В.П. Разнообразие координационных полимеров на основе кадмия(II) и битиофендикарбоновой кислоты // *Журнал структурной химии*. 2022. Т. 63. № 11. 101883.
7. Дубских В.А., Лысова А.А., Самсоненко Д.Г., Коваленко К.А., Дыбцев Д.Н., Федин В.П. Синтез и строение двумерного координационного полимера на основе 2,2'-битиофен-5,5'-дикарбоновой кислоты // *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2023. Т. 72. № 11. С. 2649-2654.
8. Dubskikh V.A., Kolosov A.A., Lysova A.A., Samsonenko D.G., Lavrov A.N., Kovalenko K.A., Dybtsev D.N., Fedin V.P. A Series of Metal–Organic Frameworks with 2,2'-Bipyridyl Derivatives: Synthesis vs. Structure Relationships, Adsorption, and Magnetic Studies // *Molecules*. 2023. V. 28. № 5. 2139.
9. Dubskikh V.A., Lysova A.A., Kovalenko K.A., Samsonenko D.G., Dybtsev D.N., Fedin V.P. Metal-organic frameworks with a sulfur-rich heterocycle: synthesis, gas adsorption properties, and metal exchange // *Dalton Transactions*. 2024. V. 53. № 40. P. 16654-16660.
10. Дубских В.А., Лысова А.А., Самсоненко Д.Г., Дыбцев Д.Н. Кадмий(II)-органические координационные полимеры с полядерным блоком: контроль размерности и люминесцентный отклик на пиридин // *Координационная химия*. 2024. Т. 50. № 9. С. 566-576.

Материалы диссертационной работы представлены на конференциях:

1. Дубских В.А. «Металл-органические координационные полимеры на основе карбоксилатных мостиковых лигандов с тиофеновыми гетероциклами» // XXVII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». 10 – 27 ноября 2020 г. – Москва, 2020. С. 638.
2. Дубских В.А. «Синтез, строение и функциональные свойства металл-органических координационных полимеров» // XXVIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». 12 – 23 апреля 2021 г. – Москва, 2021. С. 456.
3. Дубских В.А., Лысова А.А., Дыбцев Д.Н. «Синтез и изучение сорбционных и магнитных свойств металл-органических координационных полимеров на основе переходных металлов» // «V Молодежная школа-конференция «Физико-химические методы в химии координационных соединений». 03 – 08 октября 2021 г. – Туапсе, Ольгинка, 2021. С. 170.
4. Дубских В.А., Лысова А.А., Дыбцев Д.Н. «Синтез, структура и функциональные свойства координационных полимеров на основе тиофенсодержащих мостиковых лигандов» // «XII Конференция молодых ученых по общей и неорганической химии». 5 – 8 апреля 2022 г. – Москва, 2022. С. 30.
5. Дубских В.А., Лысова А.А., Дыбцев Д.Н. «Металл-органический каркас на основе тиофенсодержащего лиганда: синтез, структура и сорбционные свойства» // «VI Школы-конференции молодых учёных «Неорганические соединения и функциональные материалы» ICFM-2022». 27 – 30 сентября 2022 г. – Новосибирск, 2022. С. 56.

6. Дубских В.А., Лысова А.А., Дыбцев Д.Н. «Серия металл-органических координационных полимеров с повышенными сорбционными характеристиками» // «XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии». 7 – 12 октября 2024 г. – Сочи, пгт Сириус, 2024. С. 112.

Ценность научных работ соискателя ученой степени заключается в том, что в них представлены результаты комплексного исследования, посвященного синтезу, изучению особенностей структуры и функциональным свойствам металл-органических координационных полимеров с тиофенсодержащими лигандами.

Соавторы публикаций не возражают против использования материалов перечисленных работ в диссертации Дубских Вадима Андреевича. Опубликованные работы полностью отражают содержание диссертационной работы.

Решение о рекомендации работы к защите

Автор диссертации Дубских Вадим Андреевич является сложившимся исследователем, владеет навыками экспериментальной работы и хорошо ориентируется в научной литературе в области диссертационной работы. Дубских Вадим Андреевич способен 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 Дубских Вадимом Андреевичем, 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 д.х.н., профессор РАН Дыбцев Д.Н., рецензент д.х.н., профессор РАН Соколов М.Н., д.х.н., профессор РАН Брылев К.А., д.х.н. Конченко С.Н., чл.-к. РАН, д.х.н. Федин В.П.

В ходе обсуждения было отмечено, что диссертационная работа Дубских Вадима Андреевича является законченной работой, выполненной на высоком современном экспериментальном и теоретическом уровне. Работа является полноценным научным исследованием и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Работа содержит большой объем материала, посвященный развитию области химии металл-органических координационных полимеров с тиенотиофеновыми и битиофеновыми лигандами, а именно поиску новых соединений и установлению взаимосвязей между условиями синтеза, структурой и функциональными свойствами.

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

ПОСТАНОВИЛИ: диссертация «Координационные полимеры с тиофенсодержащими лигандами: синтез и функциональные свойства» ДУБСКИХ ВАДИМА АНДРЕЕВИЧА 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 61 человек. Результаты голосования «за» – 61 чел., «против» – нет, «воздержавшиеся» – нет, протокол № 325 от 28 марта 2025г.

Председатель семинара
зав. отделом химии координационных, кластерных
и супрамолекулярных соединений
д.х.н., чл.-к. РАН

Владимир Петрович Федин

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

Евгения Васильевна Макотченко