

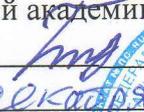
УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института неорганической химии

им. А.В. Николаева Сибирского отделения

Российской академии наук

Д.х.н.  К.А. Брылев

« 19 » декабря 2023 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Семинара отдела структурной химии

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института неорганической химии им. А.В. Николаева

Сибирского отделения Российской академии наук

Диссертация Бонегардта Дмитрия Владимировича на тему «Галогензамещенные фта-лоцианины металлов: влияние положения и типа заместителя на структурные особенности и сенсорные свойства пленок» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия выполнена в лаборатории химии летучих координационных и металлорганических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (ИНХ СО РАН).

Бонегардт Дмитрий Владимирович в 2019 г. окончил ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) по специальности – химия, в период подготовки диссертации с 1 октября 2019 г. по 1 августа 2023 года обучался в очной аспирантуре ИНХ СО РАН, в настоящий момент работает младшим научным сотрудником в лаборатории химии летучих координационных и металлорганических соединений.

Научный руководитель – д.х.н., проф. РАН Басова Тамара Валерьевна, работает главным научным сотрудником, заведующим лаборатории химии летучих координационных и металлорганических соединений ИНХ СО РАН.

На семинаре отдела присутствовали: 40 сотрудников отдела и приглашенные, в том числе 6 докторов наук, членов диссертационного совета 24.1.086.01 (д.ф.-м.н. Громилов С.А., д.ф.-м.н. Козлова С.Г., д.ф.-м.н., Надолинный В.А., д.т.н. Сапрыкин А.И., д.х.н. профессор РАН Басова Т.В. (руководитель), д.х.н., профессор Игуменов И.К.), 2 доктора наук (д.х.н. Колесов Б.А., Н.В., д.х.н. Морозова Н.Б.) и 26 кандидатов наук (к.х.н. Первухина Н.В., к.х.н. Корольков И.В., к.х.н. Куратьева Н.В., к.х.н. Юдин В.Н., к.ф.-м.н. Коротаев Е.В., к.ф.-м.н. Крючкова Н.А., к.ф.-м.н. Мирзаева И.В., к.ф.-м.н. Пищур Д.П., к.ф.-м.н. Рыжиков М.Р., к.ф.-м.н. Сыроквашин М.М.,

к.ф-м.н. Трубина С.В., к.ф-м.н. Шевень Д.Г., к.ф-м.н. Комаровских А.Ю., к.х.н. Волженин А.В., к.х.н. Гусельникова Т.Я., к.х.н. Зубарева А.П., к.х.н. Медведев Н.С., к.х.н. Петрова Н.И., к.х.н. Полякова Е.В., к.х.н. Цыганкова А.Р., к.х.н. Клямер Д.Д., к.х.н. Крисюк В.В., к.х.н. Уркасым Самара., к.х.н. Викулова Е.С., к.х.н. Лебедев М.С., к.х.н. Казанцев М.С. – НИОХ СО РАН (рецензент)).

СЛУШАЛИ: доклад сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук Бонегардта Дмитрия Владимировича на тему «Галогензамещенные фталоцианины металлов: влияние положения и типа заместителя на структурные особенности и сенсорные свойства пленок», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия.

Рецензент – к.х.н., Казанцев Максим Сергеевич, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией органической электроники ФГБУН Института органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук.

Вопросы задавали: **к.ф-м.н. Рыжиков М.Р.** (Фталоцианин железа не является плоским? Какова его симметрия, и с чем это связано?); **д.х.н. Колесов Б.А.** (Почему сенсорный отклик связан с расстоянием между молекулами?); **д.т.н. Сапрыкин А.И.** (На какие подложки осаждались пленки? Какая проводилась подготовка поверхности? Были ли неудачные эксперименты при выборе подложек и нанесению покрытий?); **д.ф-м.н. Козлова С.Г.** (Были проведены другие расчеты Низовцевым А.С. и показано существование изомеров при синтезе фталоцианинов цинка. Насколько влияет тип изомерии молекул в образцах на качество пленок и их сенсорные свойства?); **д.х.н. Игуменов И.К.** (Были ли попытки измерить ИК спектры в атмосфере аммиака? Делались ли попытки измерить пленки на просвет, сняв с подложки? Вы наблюдали за изменением связи металл – азот в ИК спектрах?); **д.ф-м.н. Надолинный В.А.** (Какие толщины пленок наносились? Были ли они однородными по всей толщине образца? Почему сенсорные свойства пленок зависят от их толщины?); **к.х.н. Казанцев М.С.** (Вы показываете зависимость сенсорного отклика от расстояния между молекулами, но в формулу еще входит параметр начального сопротивления. Насколько оно было одинаковым во всех экспериментах, Вы учитывали это?); **к.ф-м.н. Коротаев Е.В.** (У Вас омический контакт Pt и пленки фталоцианина? Какая зависимость у Вас R от T , и как отличить эту зависимость от зависимости сенсорного отклика от температуры? Известен ли коэффициент диффузии аммиака в пленку фталоцианина?); **к.х.н. Лебедев М.С.** (С какой точностью Вы измеряли толщину пленок? Как Вы оценивали сенсорный отклик в ряду металлов, может быть это связано с неоднородностью?).

По результатам рассмотрения диссертации «Галогензамещенные фталоцианины металлов: влияние положения и типа заместителя на структурные особенности и сенсорные свойства пленок» принято следующее заключение.

Диссертационная работа Бонегардта Д.В. выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук в период с 2019 по 2023 гг.

Диссертационная работа выполнялась по тематикам НИР: V.44.4.3. «Процессы химического осаждения из газовой фазы как фундаментальная платформа для синтеза наноструктурированных материалов и ансамблей наночастиц» (AAAA-Б17-217112220077-2), V.44.4.3. «Научные основы газофазных процессов формирования наноструктурированных гибридных и композиционных пленочных материалов и наночастиц, развитие возможностей спектральных методов изучения структуры и свойств» (AAAA-A17-117040610360-1), FWUZ-2021-0006 «Фундаментальные основы получения и физико-химические свойства новых монокристаллических, наноструктурированных, гибридных и композиционных функциональных материалов» (121031700314-5). Отдельные части работы выполнены при финансовой поддержке проекта РНФ № 20-73-00080 «Пленки галогензамещенных фталоцианинов металлов как активные слои адсорбционно-резистивных сенсоров для определения аммиака в выдыхаемом воздухе».

Личный вклад автора. Литературный обзор, синтез исследуемых соединений, рост монокристаллов, осаждение пленок и исследование сенсорных свойств проводились автором. Автор принимал участие в постановке цели и разработке плана исследования, в обработке и интерпретации результатов исследования спектральных характеристик соединений, отнесении экспериментальных спектров к расчетным, исследовании структурных особенностей монокристаллов и пленок, а также в изучении их сенсорных свойств. Совместно с научным руководителем и соавторами публикаций автор принимал участие в обобщении полученных данных, обсуждении результатов работы, формулировке выводов и подготовке к публикации статей по теме диссертации.

Актуальность темы. Фталоцианины (MPc) представляют собой макроциклические соединения, состоящие из четырех изоиндольных колец, соединенных через атом азота, образующих единую π -систему. Строение молекулы обуславливает высокую термическую и химическую стабильность фталоцианинов. Несмотря на то, что фталоцианины известны еще с начала XX века, в последние десятилетия открываются все новые области применения данных соединений, например, в органических полевых транзисторах, оптических ограничителях, диодах. Возможность широко варьировать металлы-комплексообразователи, а также модифицировать ароматическое кольцо путем введения разного рода заместителей, открывает широкое поле возможностей для изучения химии фталоцианинов, в том числе с точки зрения поиска новых областей применения. Такое изменение молекулярной структуры комплексов оказывает существенное влияние на упаковку фталоцианинов в кристаллах, растворимость, положение максимумов поглощения, проводимость и т. д. Химическая модификация фталоцианиновых молекул приводит и к существенному изменению функциональных свойств, что, непременно, необходимо использовать для улучшения характеристик современных устройств.

Несмотря на то, что галогензамещенные фталоцианины были синтезированы достаточно давно, в последние два десятилетия вновь возник интерес к этим производным. Это связано с тем, что введение галоген-заместителей во фталоцианиновое кольцо приводит к изменению ти-

па проводимости и к повышению чувствительности к газам-аналитам электронодонорной природы. Еще одной важной особенностью фтор- и хлорзамещенных производных является их способность переходить в газовую фазу без разложения в вакууме, поэтому для получения пленок этих фталоцианинов используют метод физического осаждения из газовой фазы (в англоязычной литературе – Physical Vapor Deposition (PVD)). В литературе имеется целый ряд работ, посвященных как исследованию влияния режимов получения пленок $MPcF_{16}$ и $MPcF_4$ ($M=Co, Cu, Zn, VO$) методом PVD на их структурные особенности, так и изучению свойств и возможностей их применения в различных электронных устройствах, таких как органические полевые транзисторы, устройства нелинейной оптики, устройства накопления энергии, химические сенсоры.

Ранее в нашей исследовательской группе были исследованы незамещенные, гексадекафторзамещенные фталоцианины ряда металлов, а также тетрафторзамещенные фталоцианины с заместителями в периферийных положениях макрокольца. Кроме исследования кристаллической структуры, спектральных характеристик и структурной организации тонких пленок, был продемонстрирован высокий адсорбционно-резистивный сенсорный отклик на аммиак. Было показано, что наибольшая величина отклика среди изученных фталоцианинов металлов наблюдалась для тетрафторзамещенных производных. При этом тетрафторзамещенные фталоцианины с заместителями в непериферийных положениях макрокольца, а также хлорзамещенные фталоцианины изучены не были.

Цель данного исследования является двухсторонней. С одной стороны, работа направлена на расширение ряда ранее малоизученных комплексов галогензамещенных фталоцианинов металлов, определение их кристаллических структур, изучение межмолекулярных контактов и их влияния на структурные особенности осаждаемых пленок. С другой стороны, задачей данной работы является поиск фталоцианинов металлов, обладающих улучшенными сенсорными характеристиками с целью создания чувствительных адсорбционно-резистивных сенсоров на аммиак. Такое исследование, безусловно, является актуальным, так как позволит внести весомый вклад в развитие химии галогензамещенных фталоцианинов металлов и будет способствовать более полному пониманию закономерностей «структура-свойство», что позволит из всего многообразия фталоцианиновых структур выбрать пленки, обладающие наиболее привлекательными свойствами для разработки активных слоев адсорбционно-резистивных газовых сенсоров для определения малых концентраций аммиака в воздухе.

Цель работы исследование структурных особенностей галогензамещенных фталоцианинов металлов ($Co(II), Cu(II), Zn(II), Fe(II), Pb(II), V(IV)O$) и их пленок в зависимости от типа и положения заместителей и анализ их адсорбционно-резистивного сенсорного отклика на аммиак.

Научная новизна. Данное исследование направлено на существенное расширение ряда ранее малоизученных и неизученных комплексов галогензамещенных фталоцианинов металлов, в частности, $MPcF_4$ -np, $MPcCl_4$ -p ($M=Co, Cu, Zn, Fe, Pb, VO$), $ZnPcHal_4$ -p ($Hal = F, Cl, Br, I$) и

ZnPcCl₄-np. Впервые проведен анализ кристаллических структур в рядах MPcF₄-np, MPcCl₄-p, в каждом из которых ранее в литературе были описаны лишь по одному примеру структур монокристаллов. Исследована температурная зависимость давления насыщенного пара комплексов MPcF₄-np и определены термодинамические параметры процесса сублимации этих комплексов. Впервые выполнена интерпретация колебательных спектров ZnPcHal₄ по данным квантово-химического расчета. Методом физического осаждения из газовой фазы получены тонкие пленки MPcF₄-np, MPcCl₄-p (M=Co, Cu, Zn, Fe, Pb, VO), ZnPcHal₄-p (Hal = F, Cl, Br) и ZnPcCl₄-np и исследованы их структурные особенности методами АСМ, ЭСП и РФА. Показано, что большинство изученных пленок являются однофазными и обладают преимущественной ориентацией кристаллитов относительно поверхности подложки. Впервые исследованы сенсорные свойства пленок MPcF₄-np, MPcCl₄-p (M=Co, Cu, Zn, Fe, Pb, VO), ZnPcHal₄-p (Hal = F, Cl, Br, I) и ZnPcCl₄-np. Показано, что пленки галогензамещенных фталоцианинов с галоген-заместителями в периферийных положениях кольца обладают большей величиной сенсорного отклика на аммиак по сравнению с MPcHal₄-np. Среди ZnPcHal₄-p наибольшим сенсорным откликом обладают пленки ZnPcCl₄-p. При исследовании влияния центрального металла-комплексообразователя на сенсорные свойства было показано, что наибольшей величиной отклика обладают производные кобальта и ванадила, независимо от типа и положения заместителя в кольце. Кроме того, исследованные пленки фталоцианинов проявляли высокую селективность при определении аммиака в присутствии паров летучих органических соединений, а также стабильность и воспроизводимость сенсорного отклика. Рассчитанный предел обнаружения аммиака для большинства сенсоров составил менее 1 ppm. Для пленок фталоцианинов цинка с фтор- и хлор-заместителями в периферийных положениях предел обнаружения достигает 0.01 ppm.

Теоретическая и практическая значимость. Данные о кристаллической структуре комплексов внесены в Кембриджский банк структурных данных и могут быть использованы для описания взаимодействий и эффектов в кристаллах и тонких пленках фталоцианиновых комплексов. Термодинамические параметры процессов парообразования являются фундаментальными справочными данными и могут использоваться для оптимизации параметров сублимации соединений и осаждения пленок методом PVD. Исследование колебательных спектров и отнесение полос колебаний позволит в дальнейшем интерпретировать спектры схожих по строению соединений. Проведенное исследование адсорбционно-резистивного сенсорного отклика пленок на аммиак при различных концентрациях аналита, а также анализ влияния различных факторов на величину сенсорного отклика будет способствовать более полному пониманию закономерностей «структура-свойство», что позволит из всего многообразия фталоцианиновых структур выбрать пленки, обладающие наиболее привлекательными свойствами для разработки активных слоев адсорбционно-резистивных газовых сенсоров для определения малых концентраций аммиака в воздухе и смесях газов.

Положения, выносимые на защиту:

- Результаты исследования особенностей кристаллических структур комплексов $\text{MPcF}_4\text{-np}$, $\text{MPcCl}_4\text{-p}$ ($\text{M} = \text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Pb}, \text{Zn}, \text{VO}$) и $\text{ZnPcCl}_4\text{-np}$;
- Результаты исследования температурной зависимости давления насыщенного пара ряда комплексов $\text{MPcF}_4\text{-np}$ ($\text{M} = \text{Cu}, \text{Zn}, \text{Fe}, \text{VO}, \text{Pb}$);
- Данные по исследованию и интерпретации колебательных спектров $\text{MPcF}_4\text{-np}$, $\text{MPcCl}_4\text{-p}$ ($\text{M} = \text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Pb}, \text{Zn}, \text{VO}$) и $\text{ZnPcHal}_4\text{-p}$ ($\text{Hal} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$);
- Данные по исследованию структурных особенностей пленок $\text{MPcF}_4\text{-np}$, $\text{MPcCl}_4\text{-p}$ ($\text{M} = \text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Pb}, \text{Zn}, \text{VO}$) и $\text{ZnPcHal}_4\text{-p}$ ($\text{Hal} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$);
- Данные по сравнительному анализу сенсорного отклика пленок фталоцианинов на аммиак в зависимости от типа, положения и количества заместителей в макроцикле.

Обоснованность научных положений и выводов. Достоверность представленных в работе данных обеспечена высоким методологическим уровнем проведения экспериментов, применением высокочувствительных физико-химических методов исследования, таких как РФА и РСА, КР- и ИК-спектроскопия, АСМ и др., а также согласованностью экспериментальных и теоретических данных. Результаты исследования опубликованы в российских и международных рецензируемых журналах и хорошо согласуются с опубликованными ранее данными других авторов, что говорит о высокой значимости и признании научным сообществом полученных результатов.

Результаты могут быть использованы в научно-исследовательской практике организаций, занимающихся разработками и исследованиями активных слоев сенсорных устройств (в ведущих научных центрах РФ): НГУ, МГУ им. Ломоносова, НИОХ СО РАН, ИФП СО РАН, ИвГУ, ИГХТУ и др.

Соответствие специальности 1.4.4 Физическая химия. Диссертационная работа соответствует п. 1. «Экспериментально-теоретическое определение энергетических и структурно-динамических параметров строения молекул и молекулярных соединений, а также их спектральных характеристик»; п. 2. «Экспериментальное определение термодинамических свойств веществ, расчет термодинамических функций простых и сложных систем, в том числе на основе методов статистической термодинамики, изучение термодинамических аспектов фазовых превращений и фазовых переходов»; п. 9. «Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической реакции» паспорта специальности 1.4.4 – физическая химия. Соответствие содержания диссертационной работы специальности 1.4.4 – физическая химия подтверждается публикациями в соответствующих научных журналах и участием в конференциях по профилю исследования.

Полнота опубликования результатов. По теме диссертации опубликовано 8 статей в российских и международных рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК и

индексируемых в международных системах научного цитирования Scopus и Web of Science и 7 тезисов докладов международных и российских конференций.

Ценность научных работ соискателя. Представленные в научных работах данные заполняют пробелы в исследовании структурных особенностей, спектральных характеристик и сенсорных свойств тетрагалогензамещенных фталоцианинов металлов и их пленок, что, безусловно, имеет большое значение для развития химии фталоцианинов и создания материалов на их основе.

Статьи в рецензируемых научных журналах

1. Sukhikh A.S., Bonegardt D.V., Klyamer D.D., Krasnov P.O. Chlorosubstituted copper phthalocyanines: Spectral study and structure of thin films // *Molecules*. – 2020. – V. 25. – №. 7. – 1620.
2. Bonegardt D.V., Klyamer D.D., Krasnov P.O., Sukhikh A.S., Basova T.V. Effect of the position of fluorine substituents in tetrasubstituted metal phthalocyanines on their vibrational spectra // *Journal of Fluorine Chemistry*. – 2021. – V. 246. – 109780.
3. Klyamer D.D., Bonegardt D.V., Basova T.V. Fluoro-Substituted Metal Phthalocyanines for Active Layers of Chemical Sensors // *Chemosensors*. – 2021. – V. 9. – №. 6. – 133.
4. Bonegardt D.V., Klyamer D.D., Sukhikh A.S., Krasnov P.O., Popovetskiy P.S., Basova T.V. Fluorination vs. Chlorination: Effect on the Sensor Response of Tetrasubstituted Zinc Phthalocyanine Films to Ammonia // *Chemosensors*. – 2021. – V. 9. – №. 6. – 137.
5. Sukhikh A.S., Bonegardt D.V., Klyamer D.D., Basova T.V. Effect of non-peripheral fluorosubstitution on the structure of metal phthalocyanines and their films // *Dyes and Pigments*. – 2021. – V. 192. – 109442.
6. Klyamer D., Bonegardt D., Krasnov P., Sukhikh A., Popovetskiy P., Khezami K., Durmus M., Basova T. Halogen-substituted zinc (II) phthalocyanines: Spectral properties and structure of thin films // *Thin Solid Films*. – 2022. – V. 754. – 139301.
7. Bonegardt D.V., Sukhikh A.S., Klyamer D.D., Popovetskiy P.S., Basova T.V. A study of structural features and charge carrier mobility in tetrafluoro-substituted cobalt phthalocyanine films // *Journal of Structural Chemistry*. – 2022. – V. 63. – P. 1390-1398.
8. Klyamer D. et al. Tetrafluorosubstituted metal phthalocyanines: Study of the effect of the position of fluorine substituents on the chemiresistive sensor response to ammonia // *Chemosensors*. – 2022. – V. 10. – №. 12. – 515.

Материалы диссертационной работы, представленные на конференциях:

1. Bonegardt D.V., Klyamer D.D., Basova T.V. Hybrid materials of substituted zinc phthalocyanines as active layers of chemiresistive sensors // International Conference ORGEL-2019 Organic Electronics. 23-29 September 2019. – Novosibirsk, 2019. С. 60.
2. Бонегардт Д.В., Сухих А.С., Басова Т.В. ГАЛОГЕН-ЗАМЕЩЕННЫЕ ФТАЛОЦИАНИНЫ ЦИНКА: КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СЕНСОРНЫЕ

- СВОЙСТВА // Термодинамика и материаловедение (российско-китайский семинар «Advanced Materials and Structures»). 26–30 октября 2020 г. –Новосибирск, 2020. С 76.
3. Bonegardt D.V., Klyamer D.D., Sukhikh A.S., Basova T.V. INVESTIGATION OF THE EFFECT OF HALOGEN SUBSTITUTION ON THE STRUCTURAL FEATURES AND SENSOR PROPERTIES OF METAL PHTHALOCYANINES // XII International Conference on Chemistry for Young Scientists “Mendeleev 2021”. 7-10 September 2021. – Saint-Petersburg, 2021. С 192.
 4. Бонегардт Д.В., Сухих А.С., Басова Т.В. Исследование влияния введения атомов хлора на структурные особенности и сенсорные свойства пленок фталоцианинов металлов // Всероссийский конгресс по химии гетероциклических соединений «KOST-2021». 12-16 Октября 2021. – Сочи, 2021. С 174.
 5. Д.В. Бонегардт, Д.Д. Клямер, А.С. Сухих, Т.В. Басова Исследование тетрагалогензамещенных фталоцианинов металлов: структура, морфология и сенсорные свойства// Кузнецовские чтения-2022. 11-13 июля, Новосибирск, 2022. С. 61
 6. Бонегардт Д.В., Клямер Д.Д., Сухих А.С., Басова Т.В. Галогензамещенные фталоцианины металлов: кристаллическая структура и сенсорные свойства// ICFM-2022. 27-30 сентября, Новосибирск, 2022. С. 39
 7. D.V. Bonegardt, D.D. Klyamer, A.S. Sukhikh, T.V. Basova INVESTIGATION OF THE CRYSTAL STRUCTURE AND SATURATED VAPOR PRESSURE OF TETRAFLUOROSUBSTITUTED METAL PHTHALOCYANINES MPcF₄-np (M = Zn, VO)// XXIII International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia (RCCT-2022). 22-27 августа, Казань, 2022. С. 191

Решение о рекомендации работы к защите. Автор диссертации является сложившимся исследователем, способным самостоятельно ставить, решать и представлять научные задачи. Научные положения и выводы, выполненной Бонегардтом Д.В. работы, не вызывают сомнения. Диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

В обсуждении работы выступили: д.ф.-м.н. Козлова С.Г., д.х.н., Колесов Б.А., д.х.н. Басова Т.В. (руководитель), к.х.н. Казанцев Е.С. (рецензент).

В ходе обсуждения работы было отмечено, что диссертационная работа **Бонегардта Дмитрия Владимировича** выполнена на высоком экспериментальном и теоретическом уровне. Работа отвечает требованиям п. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых ВАК РФ к кандидатским диссертациям.

Руководитель диссертанта д.х.н. Басова Т.В. отметила самостоятельность, трудолюбие, целеустремленность и высокий научный уровень диссертанта.

В качестве замечания высказано пожелание конкретизировать некоторые выводы, более подробно осветить физику процессов при объяснении корреляционных зависимостей.

ПОСТАНОВИЛИ: диссертация **Бонегардта Дмитрия Владимировича** на тему «**Галоген-замещенные фталоцианины металлов: влияние положения и типа заместителя на структурные особенности и сенсорные свойства пленок**» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Заключение принято на заседании семинара отдела структурной химии ИНХ СО РАН. Присутствовало на заседании 40 чел. Результаты голосования «за» – 40 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол № 10 от 18 декабря 2023 г.

Председатель семинара, зав. отделом
структурной химии, д.ф.-м.н.



Светлана Геннадьевна Козлова

Секретарь семинара, с.н.с. лаб. физической
химии конденсированных сред, к.ф.-м.н.



Светлана Владимировна Трубина