

УТВЕРЖДАЮ

Врио Директора Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Института неорганической химии

им. А.В. Николаева Сибирского отделения
Российской академии наук

Д.х.н. профессор С.В. Коренев

« 09 » _____ 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 **Караковской Ксении Игоревны** на тему «Летучие комплексы Ir(I) с β -дикетонатными производными: физико-химическое исследование, применение для осаждения покрытий медицинского назначения» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия выполнена в лаборатории химии летучих координационных и металлоорганических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (ИНХ СО РАН).

Караковская Ксения Игоревна в 2019 г. окончила ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) по специальности – химия, в период подготовки диссертации с 1 октября 2019 г. по настоящее время обучается в очной аспирантуре ИНХ СО РАН и работает младшим научным сотрудником в лаборатории металлоорганических соединений для осаждения диэлектрических материалов.

Научный руководитель – к.х.н., Викулова Евгения Сергеевна, работает старшим научным сотрудником лаборатории металлоорганических соединений для осаждения диэлектрических материалов ИНХ СО РАН.

На семинаре отдела присутствовали: 46 сотрудников отдела и приглашенные, в том числе 7 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., д.х.н., профессор Игуменов И.К., д.х.н., профессор Коренев С.В. (рецензент)), 3 доктора наук (д.х.н. Колесов Б.А., д.х.н. Гельфонд Н.В., д.х.н. Морозова Н.Б.) и 25 кандидатов наук (к.х.н. Первухина Н.В., к.х.н. Корольков И.В., к.х.н. Куратьева Н.В., к.х.н. Зверева В.В., к.ф-м.н. Мирзаева И.В., к.ф-м.н. Рыжиков М.Р., к.ф-м.н. Трубина С.В., к.ф-м.н. Шевень Д.Г., к.ф-

м.н. Березин А.С., к.ф.-м.н. Рахманова М.И., к.х.н. Гусельникова Т.Я., к.х.н. Медведев Н.С., к.х.н. Петрова Н.И., к.х.н. Полякова Е.В., к.х.н. Скиба Т.В., к.х.н. Жерикова К.В., к.х.н. Клямер Д.Д., к.х.н. Крисюк В.В., к.х.н. Стабников П.А., к.х.н. Тургамбаева А.Е., к.х.н. Уркасым Самара, к.х.н. Викулова Е.С. (руководитель), к.х.н. Доровских С.И., к.х.н. Ильин И.Ю., к.х.н. Лебедев М.С.).

СЛУШАЛИ: доклад сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук Караковской Ксении Игоревны по диссертационной работе ««Летучие комплексы Ir(I) с β -дикетонатными производными: физико-химическое исследование, применение для осаждения покрытий медицинского назначения»», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия.

Рецензент – д.х.н., профессор Коренев Сергей Васильевич, заведующий лабораторией химии редких платиновых металлов ФГБУН Института неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук.

Вопросы задавали: **д.ф.-м.н. Надолинный В.А.** (Какие требования предъявляются к поверхности при нанесении покрытий? Какова адгезия Ваших покрытий? Вы изучали шероховатость и пористость покрытий); **к.т.н. Сапрыкин А.И.** (Какова методика нанесения покрытий? Какие температуры подложки и испарителя вы устанавливали? Какова доля прекурсора, которая осаждается на подложку? При каком давлении проходило напыление? Вы исследовали как происходит истирание покрытия? Насколько конкурентна ваша работа по сравнению с другими?); **к.ф.-м.н. Березин А.С.** (Как вы разделяете процесс плавления и сублимации? Как заместители влияют на параметры разложения каков механизм разложения? Почему степень окисления Ir меняется?); **д.ф.-м.н. Козлова С.Г.** (Как оценивали вращение импланта с покрытием? На каких бактериях вы проводили исследования? У вас были консультанты медики?); **к.ф.-м.н. Рыжиков М.Р.** (В чем разница цитотоксического и антибактериального эффекта?).

По результатам рассмотрения диссертации «Летучие комплексы Ir(I) с β -дикетонатными производными: физико-химическое исследование, применение для осаждения покрытий медицинского назначения» принято следующее заключение.

Диссертационная работа Караковской К.И. 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» (АААА-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» (АААА-А17-117040610360-1), 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 Минобрнау-

ки России (Соглашение № 14.604.21.0080 от 30 июня 2014 г., универсальный идентификатор ПНИ RFMEFI60414X0080), гранта РФФИ № 19-43-543041 р_мол_а «Разработка МОСVD процессов получения высокоустойчивых иридийсодержащих электрокатализаторов окисления воды» и проекта РНФ № 20-15-00222 «Новые классы онкологических имплантируемых устройств с композиционными покрытиями из благородных металлов».

Личный вклад автора. Все работы по синтезу, выделению и очистке комплексов, включая подготовку ряда реагентов и растворителей, а также эксперименты по осаждению покрытий методом МОСVD выполнены диссертантом лично. Автором проведены измерения температурных зависимостей давления насыщенного пара методом потока и исследования методом циклической вольтамперометрии; обработка и интерпретация данных инфракрасной спектроскопии и термогравиметрии. Обработка результатов тензиметрических и электрохимических исследований, интерпретация результатов характеристики образцов покрытий проводились самостоятельно или в сотрудничестве с профильными специалистами ИНХ СО РАН. Планирование экспериментов, постановка задач, обобщение результатов и формулировка выводов проводились совместно с научным руководителем. Рукописи статей подготавливали совместно с соавторами.

Актуальность темы. Иридийсодержащие пленочные материалы востребованы в качестве защитных, антикоррозионных, буферных, оптических, сенсорных и электрокаталитических слоев в различных областях, таких как аэрокосмическая техника, катализ, водородная энергетика, топливные элементы и микроэлектроника. Вследствие высокой биосовместимости иридия, его коррозионной стойкости в биологических средах и механической прочности наблюдается возрастающий интерес к медицинскому применению таких покрытий, а именно, для кардио- и нейростимуляторов или постоянных имплантатов. В области стимуляции соответствующие разработки проводятся с 1980-х гг. и направлены на улучшение электрохимических характеристик контактных полюсов электродов, т.е. более эффективную передачу заряда в системе «электрод-ткань», что необходимо при миниатюризации устройств. Перспективы использования иридия в области протезирования впервые продемонстрированы в 2017 г. Обнаружено, что пленочные гетероструктуры Ag/Ir проявляют высокую бактерицидную активность даже в условиях, моделирующих сгустки плазмы, когда действие индивидуального серебра или других структур (Ag/Pd, Ag/Pt) значительно ослабевает. Потенциально, биологическое действие таких систем можно регулировать, например, варьируя концентрацию или форму активного компонента (Ag). Разработка подобных усовершенствованных антибактериальных материалов особенно важна для групп пациентов со сниженным иммунитетом, в частности, онкологических, у которых частота инфицирования эндопротезов достигает 66%. Такие пленочные гетероструктуры могут также улучшать биосовместимость имплантатов, эффективно препятствуя выделению с их поверхности токсичных агентов (например, катионов металлов), а высокая рентгеновская плотность Ir позволяет рассчитывать на улучшение визуализации изделий (например, из полимерных материалов) на компьютерных томографах.

Для раскрытия потенциала применения Ir-содержащих покрытий в медицинской сфере необходимо иметь возможность нанесения слоев с определенными характеристиками на широкий спектр носителей, различающихся по геометрии (включая непланарные), природе (металлы, полимеры, углеродные композиты и пр.) и условиям стабильности. Перспективную платформу для этого представляет метод химического осаждения из газовой фазы (MOCVD). Данный метод позволяет прецизионно управлять характеристиками формируемого материала, в том числе, на изделиях сложной формы, и осаждать тугоплавкие (температура плавления иридия 2466°C) покрытия при относительно низких температурах (200-800°C).

Ключевую роль в реализации процессов MOCVD играет исходное летучее соединение (прекурсор), а его термические свойства определяют температурные интервалы процесса. Таким образом, расширение ряда прекурсоров иридия и определение зависимости состава и свойств получающихся покрытий от параметров осаждения необходимы для разработки процессов MOCVD, позволяющих формировать материалы с заданными характеристиками в различных условиях. При этом важно развивать возможности осаждения целевых покрытий при наиболее низких температурах.

Цель работы исследование летучих комплексов Ir(I) с β -дикетонатными лигандами и их производными как потенциальных прекурсоров для получения функциональных иридий-содержащих покрытий методом MOCVD на материалах медицинского назначения.

Научная новизна. Впервые проведено систематическое исследование термических свойств и строения разнолигандных летучих комплексов Ir(I). Для этого в настоящей работе получено 12 новых соединений $[\text{Ir}(\text{cod})(\text{L})]$ и $[\text{Ir}(\text{CO})_2(\text{L})]$, для 3 из них установлены кристаллические структуры. Для новых и известных комплексов указанных серий проведено измерение температурных зависимостей давления насыщенного пара, определены термодинамические параметры процессов плавления (14 соединений) и сублимации (15 соединений). На количественном уровне определено влияние терминальных заместителей (CF_3 , CH_3 , $\text{C}(\text{CH}_3)_3$, $\text{C}(\text{OCH}_3)(\text{CH}_3)_2$, C_6H_5 и их комбинации) и донорного центра (O, N-H, N- CH_3 , N-N(CH_3) $_2$) в анионном лиганде на термические характеристики комплексов. В том числе, обнаружены эффекты, отличающиеся от ранее известных для молекулярных гомолептических комплексов широкого ряда металлов $[\text{M}(\text{L})_2]$ и $[\text{M}(\text{L})_3]$ с рассматриваемыми классами анионных лигандов. Наиболее яркими из них являются изменения в летучести при введении объемных заместителей ($\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{CH}_3 \Rightarrow \text{C}(\text{CH}_3)_3$) и модификации донорного центра (O \Rightarrow N- CH_3). Установлено влияние β -дикетонатных лигандов L на стабильность паров $[\text{Ir}(\text{cod})(\text{L})]$ на нагретой поверхности, в том числе, количественно определен эффект фторированного лиганда ($\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{CH}_3 \Rightarrow \text{CF}_3$) на параметры процессов термодеструкции в вакууме и в присутствии кислорода или водорода. Впервые методом MOCVD получены Ir покрытия на никелиде титана (TiNi), и показано влияние их микроструктуры на цитотоксичность образцов. Предложены и протестированы 2 новых прекур-

сора для процессов осаждения Ir-содержащих покрытий в присутствии кислорода, определены ёмкостные характеристики полученных образцов на полюсах электродов кардиостимуляторов.

Теоретическая и практическая значимость. Получены фундаментальные данные об особенностях синтеза летучих комплексов Ir(I), их спектральных характеристиках, термических свойствах, молекулярных и кристаллических структурах. Установленные термодинамические параметры процессов плавления и парообразования являются справочными величинами. Данные о новых кристаллических структурах соединений внесены в Кембриджский банк структурных данных.

Для четырех прекурсоров представлены новые данные о составе и микроструктуре получаемых покрытий в зависимости от условий экспериментов MOCVD. Продемонстрирована принципиальная возможность получения Ir-содержащих покрытий с высокими ёмкостными характеристиками (до 78-100 мКл/см² при 100 мВ/с в фосфатном буферном солевом растворе) методом MOCVD с использованием кислорода в качестве газа-реагента. Найдены низкотемпературные условия формирования защитных слоев Ir на TiNi, эффективно предотвращающих выделение токсичных ионов никеля в биологическую среду. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации условий процессов осаждения Ir-содержащих покрытий различного назначения из исследованных соединений, а также при дизайне новых летучих прекурсоров иридия.

Положения, выносимые на защиту:

- данные по синтезу и спектральным характеристикам новых разнолигандных комплексов Ir(I);
- данные по строению летучих комплексов Ir(I) с β-кетогидразонатными и β-иминокетонатными лигандами;
- результаты исследования термических свойств разнолигандных комплексов Ir(I) в конденсированной и газовой фазах и изучения процессов их парообразования;
- условия нанесения Ir-содержащих покрытий методом MOCVD на кремниевые и металлические подложки, данные по характеристике и свойствам полученных образцов.

Обоснованность научных положений и выводов. Достоверность представленных результатов обеспечена применением современных физико-химических методов исследования и надежностью использованных методик. Наблюдается взаимная согласованность данных, полученных различными методами, а для известных соединений – с опубликованными ранее результатами. Оформленные в виде рукописей статей результаты работы прошли рецензирование в тематических научных журналах.

Результаты могут быть использованы для оптимизации условий процессов осаждения Ir-содержащих покрытий различного назначения из исследованных соединений, а также при дизайне новых летучих прекурсоров иридия.

Соответствие специальности 1.4.4 Физическая химия. Диссертационная работа соответствует п. 1 «Экспериментально-теоретическое определение структурно-динамических параметров строения молекул и молекулярных соединений, а также их спектральных характеристик», п. 2 «Экспериментальное определение термодинамических свойств веществ, изучение термодинамических аспектов фазовых превращений и фазовых переходов», п. 9 «Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической реакции», п. 10 «Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов» паспорта указанной специальности.

Полнота опубликования результатов. По теме диссертации опубликовано 12 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 22 тезисов докладов международных и российских конференций.

Ценность научных работ соискателя. Основные результаты изложены в 12 статьях в рецензируемых научных изданиях и 22 тезисах докладов на международных и всероссийских конференциях.

Статьи в рецензируемых научных журналах

1. Vikulova E.S., **Karakovskaya K.I.**, et.al Application of Biocompatible Noble Metal Film Materials to Medical Implants: TiNi Surface Modification // Coatings. 2023. V. 13, № 2. P. 222.
2. Dorovskikh S.I., Karakovskaya K.I., et. al, Deposition OF PtIr(1-x) film structures by MOCVD from a combination of precursors Me₃Pt(acac)Py and Ir(CO)₂(acac) // J Struct Chem. 2022. V. 63 .P 1134–1144
3. Vikulova, E. S., **Karakovskaya, K. I.** et. al. “Vitruvian” precursor for gas phase deposition: structural insights into iridium β-diketonate volatilities. Phys. Chem. Chem. Phys. 2021. V. 23, P. 9889-9899. Q1
4. **Karakovskaya, K. I.**, Dorovskikh, S. I., et.al. Volatile Iridium and Platinum MOCVD Precursors: Chemistry, Thermal Properties, Materials and Prospects for Their Application in Medicine. Coatings. 2021. V. 11(1) P. 78.
5. Vikulova E. S., **Karakovskaya K.I.** et.al. MOCVD of Noble Metal Film Materials for Medical Implants: Microstructure and Biocompatibility of Ir and Au/Ir Coatings on TiNi. Coatings. 2021. V. 11 P. 638.
6. Жерикова К. В., Макаренко А. М., **Караковская К. И.**, и др. Термодинамическое исследование комплексов иридия(I) как основа технологии химического газофазного осаждения. Журнал общей химии. 2021. Т. 91(10) С. 1548–1557.
7. **Караковская К.И.**, Викулова Е.С., и др. Строение и термические свойства летучих комплексов иридия (I) с циклооктадиеном-1,5 и β-кетогидразонатными лигандами// Журн. структур. химии. 2020. Т. 61(1). С. 115 – 124.
8. **Karakovskaya K.I.**, Vikulova E.S., et.al. Synthesis, structure and thermal investigation of a new volatile iridium (I) complex with cyclooctadiene and methoxy-substituted β-diketonate // J. Therm. Anal. Calorim. 2019. V. 137(3), P 931–940.

9.E.S. Vikulova, **K.I. Karakovskaya**, et.al. Thermodynamic study of volatile iridium (I) complexes with 1,5-cyclooctadiene and acetylacetonato derivatives: effect of (O,O) and (O,N) coordination sites // J. Chem. Therm. 2019. V. 133, P.194-201.

10.**КаракOVская К.И.**, Викулова Е.С., и др. Строение и термические свойства (1,1,1-трифтор-4-(метилимино)пентаноато-2)(циклооктадиен-1,5)иридия(I) // Журн. структур. химии. 2017. Т. 58(7). С. 1466 – 1470.

11.Vikulova E.S., Ilyin I.Y., **Karakovskaya K.I.**, et.al. Volatile iridium (I) complexes with β -diketones and cyclooctadiene: Syntheses, structures and thermal properties // J. Coord. Chem. 2016. V. 69(15). P. 2281–2290.

12.Викулова Е.С., Ильин И.Ю., **КаракOVская К.И.**, и др. Кристаллическая структура и термические свойства (1,1,1,5,5,5-гексафторопентанонато-2,4)(дикарбонил)иридия (I) // Журн. структур. химии. 2015. Т.56(6). С. 1250-1252.

Материалы диссертационной работы, представленные на конференциях:

- 1) K.I. Karakovskaya, E.S. Vikulova, E.A. Kovaleva, A.S. Sukhikh, S.V. Sysoev, N.B. Morozova. Relations between structure and thermal behavior of MOCVD precursors: iridium (I) complexes with cyclooctadiene-1,5 and betadiketonate derivatives // XXIII International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia. 22-27 august 2022 - Kazan, Russia.
- 2) К. И. КаракOVская , Е. С. Викулова , Д. Б. Кальный. Летучие комплексы Ir(I) с β -дикетонатными производными: синтез, термические свойства, получение покрытий медицинского назначения // VI Школа-конференция молодых учёных «Неорганические соединения и функциональные материалы» ICFM-2022, Новосибирск 2022: С. 65
- 3) Karakovskaya K. I., Vikulova E. S., V. Korolkov I. V., Koretskaya T. P., Asanov I. P., Tsygankova A. R., Maksimovskii E. A., Morozova N. B. Chepeleva E. V., Lantsukhay Yu. A., Zheravin, A. A. Marchenko E. S. MOCVD of noble metal film materials onto medical implants: microstructure and biocompatibility of iridium- and gold-based coatings // Materials Challenges in Alternative and Renewable Energy 2021 Virtual and 4th Annual Energy Harvesting Society Meeting 2021 Virtual. 19–22 July 2021 – Virtual, 2021. P. 9.
- 4) Karakovskaya K.I., Vikulova E.S., Chepeleva E.V. Iridium coatings for metal medical implants obtained by MOCVD: from volatile precursors to biocompatibility test // XII International Conference on Chemistry for Young Scientists “MENDELEEV 2021“.6-10 September 2021 – Saint Petersburg, 2021. P. 235.
- 5) Karakovskaya K.I., Vikulova E.S., Sysoev S.V., Kal’nyi D.B, Turgambaeva A.E., Morozova N.B. MOCVD Processes of obtaining iridium coating on Pacemaker Electrode: from synthesis of precursor to electrode testing// International Symposium on Hybrid Materials and Processing (HyMaP 2020 –Special) .24-27 November 2020 – Busan, 2020. P. 93.
- 6) КаракOVская К.И., Викулова Е.С., Кальный Д.Б.. Летучие комплексы иридия (I) с циклооктадиеном и β -дикетонатными производными: синтез, термические свойства, использо-

- вание в MOCVD // V Школа-конференция молодых учёных «Неорганические соединения и функциональные материалы». 30 сентября - 04 октября 2019 г. – Новосибирск, 2019, С. 45
- 7) Karakovskaya K.I., Vikulova E.S., Ilyin I.Yu., Zelenina L.N., Sysoev S.V., Morozova N.B. Thermal properties of volatile iridium (I) complexes with carbonyls and β -diketonate derivatives // XVI International conference on thermal analysis and calorimetry in Russia. July 6, 2020 - Moscow, 2020. P. 95.
 - 8) K.I. Karakovskaya, E.S. Vikulova, I.Yu. Ilyin, D.A. Piryazev, N.B. Morozova. Molecular engineering of volatile hetero-ligand iridium(I) complexes for MOCVD application // International Conference on Coordination Chemistry, 2018, Sendai, Japan.
 - 9) Е.С. Викулова, К.И. Караковская, И.Ю. Ильин, Д.В. Кальный, В.В. Коковкин, Н.Б. Морозова. Формирование металлических Ir покрытий на электродах для кардиостимуляции и диагностики методом MOCVD // Химия твердого тела и функциональные материалы, (21-27 мая 2018, Санкт-Петербург) С. 44.
 - 10) К.И. Караковская. Летучие комплексы иридия (I) с циклооктадиеном и β -иминокетонами: синтез, строение, термические свойства, применение в процессах MOCVD // Тез. докл. 56-ой Международной научной студенческой конференции (22-27 апреля 2018, Новосибирск). С. 77.
 - 11) K.I. Karakovskaya, E.S. Vikulova, I.Yu. Ilyin, D.A. Piryazev, L.N. Zelenina, S.V. Sysoev, N.B. Morozova. Volatile complexes of iridium(I) with β -diketones and carbonyls: synthesis, structure and thermal properties // Book of Abstracts of 27th International Chugaev Conference on Coordination Chemistry, October 2–6, 2017, Nizhny Novgorod, Russia, P. 174.
 - 12) Karakovskaya K.I., Vikulova E.S., Ilyin I.Yu, Zelenina L.N., Sysoev S.V., Morozova N.B. Thermal properties of iridium (I) volatile complexes with carbonyls and beta-diketones // XXI International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia (RCCT-2017) (June 26-30, 2017, Novosibirsk, Russia): Abstracts. – Novosibirsk: NIIC SB RAS, 2017. – P. 137.
 - 13) Vikulova E.S., Karakovskaya K.I., Ilyin I.Yu., Zelenina L.N., Turgambaeva A.E., Sysoev S.V., Morozova N.B. Thermochemical investigation of iridium (I) volatile precursors for MOCVD processes // XXI International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia (RCCT-2017) (June 26-30, 2017, Novosibirsk, Russia): Abstracts. – Novosibirsk: NIIC SB RAS, 2017. – P. 388.
 - 14) Караковская К. И. Синтез и исследование термических свойств летучих соединений иридия (I) с β -дикетонами и циклооктадиеном // Тез. докл. 55-ой Международной научной студенческой конференции (16-20 апреля 2017 г.). С. 101.
 - 15) Vikulova E.S., Karakovskaya K.I., Ilyin I.Yu., Piryazev D.A., Morozova N.B. Volatile iridium (I) β -diketone derivatives for MOCVD application: synthesis, structure, thermal properties // The book of abstracts of the Fourth International Scientific Conference “Advances in Synthesis and Complexing”, April 24-28, 2017, Moscow, RUDN University – Vol. 2. – P. 29. (соавтор)

- 16) К.И. Караковская, Е.С. Викулова, И.Ю. Ильин, Д.А. Пирязев, Л.Н. Зеленина, А.Е. Тургамбаева, С.В. Сысоев, Н.Б. Морозова Синтез, характеристика и термодимическое исследование летучих комплексов иридия (I) с β -дикетонами и циклооктадиеном // Тез. докл. 4-го семинара по проблемам химического осаждения из газовой фазы (Кузнецовские чтения 2017) (1-3 февраля 2017) с. 73.
- 17) Караковская К.И. Синтез и исследование летучих комплексов иридия(I) с β -дикетонами и циклооктадиеном как потенциальных прекурсоров для MOCVD процессов // Тез. докл. XXVII-ой Менделеевской конференции молодых ученых (23-28 апреля 2017, Уфа) с.15.
- 18) Караковская К.И., Викулова Е.С., Ильин И.Ю., Пирязев Д.А., Зеленина Л.Н., Тургамбаева А.Е., Сысоев С.В., Морозова Н.Б. Летучие комплексы Ir(I) с циклооктадиеном: синтез, строение, термические свойства // Сборник тезисов докладов XXI Международной Черняевской конференции по химии, аналитике и технологии платиновых металлов, 14-18 ноября 2016, г. Екатеринбург – С. 96.
- 19) Ильин И.Ю., Викулова Е.С., Караковская К.И. Синтез и исследование летучих β -дикетонатных комплексов иридия [Ir(cod)L] как потенциальных прекурсоров для MOCVD процессов // Тезисы докладов VI конференции молодых ученых по общей и неорганической химии, 12-15 апреля 2016 г, г. Москва, с. 108-109.
- 20) K.I. Karakovskaya, E.S. Vikulova, I.Yu. Ilyin, L.N Zelenina, A.E. Turgambaeva, S.V. Sysoev, N.B. Morozova. Thermal properties of volatile iridium (I) complexes with β -diketones and cyclooctadiene // Proceedings: International Conference on Thermal Analysis and Calorimetry in Russia (RTAC-2016) (September 16-23, 2016, St. Petersburg, Russia), Vol I, St. Petersburg, SPbPU Publisher, 2016. P. 484-487.
- 21) Викулова Е.С., Ильин И.Ю., Караковская К.И., Пирязев Д.А., Морозова Н.Б. Летучие комплексы Ir(I) с циклооктадиеном и производными β -дикетонов как потенциальные MOCVD предшественники // Тез. докл. XX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии (26-30 сентября 2016 г, г. Екатеринбург). В 5 т. Т. 2а: Химия и технология материалов, включая наноматериалы. С. 228
- 22) К.И. Караковская, И.Ю. Ильин, Е.С. Викулова, Д.А. Пирязев. Синтез, строение и термические свойства летучих комплексов иридия (I) с β -дикетонатами и циклооктадиеном // Тезисы докладов Междунар. научн. конф. «Теоретическая и экспериментальная химия глазами молодежи-2015», посвящ. 70-летию Победы в Великой Отечеств. войне. Иркутск, 18-22 мая 2015 г – С. 56-57.

Решение о рекомендации работы к защите. Автор диссертации является сложившимся исследователем, способным самостоятельно ставить, решать и представлять научные задачи. Научные положения и выводы, выполненной Караковской К.И. 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., Морозова Н.Б., д.х.н., профессор Корнев С.В. (рецензент), к.х.н. Викулова Е.С. (руководитель).

В ходе обсуждения работы было отмечено, что диссертационная работа **Караковской Ксении Игоревны** 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 к.х.н. Викулова Е.С. отметила самостоятельность, трудолюбие, целеустремленность и высокий научный уровень диссертанта.

В качестве замечания высказано пожелание модифицировать доклад, расставить акценты.

ПОСТАНОВИЛИ: диссертация **Караковской Ксении Игоревны** на тему «**Летучие комплексы $\text{Ir}(\text{I})$ с β -дикетонатными производными: физико-химическое исследование, применение для осаждения покрытий медицинского назначения**» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия в диссертационном совете Д 003.051.01 на базе ИНХ СО РАН.

Заключение принято на заседании семинара отдела структурной химии ИНХ СО РАН. Присутствовало на заседании 46 чел. Результаты голосования «за» – 46 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол № 6 от 15 мая 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

Подпись Коробовой С.Г. Трубиной С.В.
заверяю Геращенко С.А.
Ученый секретарь ИНХ СО РАН
"05" мая 2023г.

