ОТЗЫВ
официального оппонента
Кисель Кристины Станиславовны
на диссертационную работу Татарина Сергея Владимировича на тему **«Дизайн интенсивно светопоглощающих циклометаллированных комплексов иридия(III) с 2-арилбензимидазолами и различными вспомогательными лигандами»**, представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 - Неорганическая химия.

Диссертация Татарина Сергея Владимировича посвящена актуальному направлению современной неорганической химии – разработке методов направленного синтеза и получению новых циклометаллированных комплексов иридия(III) с улучшенным светопоглощением в видимой области, изучению влияния состава лигандного окружения и структуры конечных соединений на оптические и окислительно-восстановительные свойства данного семейства комплексов, а также демонстрации их возможного применения в области фотовольтаики.

Данные соединения в последнее время привлекают внимание исследователей во всем мире благодаря широко настраиваемые фотофизическим свойствам и их высокой стабильности. Более того, данные комплексы могут использоваться в качестве фотосенсибилизаторов в солнечных элементах. Для создания фотовольтаических материалов, комплексы иридия(III) должны показывать интенсивное светопоглощение в видимой области спектра и быть обратимо окисляющимися. Однако текущий уровень понимания взаимосвязей между строением лигандов и свойствами комплексов иридия(III) не позволяет разработать надежный подход к созданию стабильных комплексов иридия(III), обладающих высокими молярными коэффициентами поглощения в длинноволновом диапазоне и обратимым редокс-поведением. Поэтому диссертационная работа Татарина Сергея Владимировича, посвященная разработке и совершенствованию методов дизайна циклометаллированных комплексов иридия(III) с улучшенным светопоглощением в видимой области, а также установлению закономерностей «состав-структура-свойство» для полученных соединений является **важной** и **актуальной задачей** современной неорганической химии, а также материаловедения и катализа.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа изложена на 243 страницах и имеет классическую структуру: состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, описания полученных результатов и их обсуждения, основных выводов, списка цитируемой литературы из 229 наименований, списка публикаций, в которых изложены основные результаты диссертационной работы, благодарностей и приложения. Основной текст работы содержит 80 рисунков и 5 таблиц.

**Во введении** автор демонстрирует актуальность исследуемой темы и представляет степень ее разработанности, осуществляет постановку цели и задач, дает краткую характеристику выполненной научной работы и перечисляет положения, выносимые на защиту.

**Литературный обзор** диссертации посвящен описанию особенностей синтеза, структуры и фотофизических свойств циклометаллированных комплексов иридия(III), а также примерам их применения. Данная глава разделена на три раздела. В первом разделе

отображены основные фотофизические свойства циклометаллированных комплексов иридия(III), приведены имеющиеся сведения о природе люминесценции данных соединений. Также в этом разделе описаны методики получения гомо- и гетеролептических циклометаллированных комплексов иридия(III). Во втором разделе рассмотрено влияние природы и структуры циклометаллированных и дополнительных лигандов на фотофизическое поведение целевых комплексов иридия(III). Третий раздел посвящен областям применения циклометаллированных комплексов иридия(III), а именно в качестве эмиттеров в светоизучающих диодах, красителей в солнечных панелях, катализаторов в фотоиндуцированных реакциях и агентов для биовизуализации, химиотерапии и фотодинамической терапии. На основании представленных в литературном обзоре данных еще раз производится постановка задач диссертационной работы.

В **экспериментальной части** приведены методики синтеза новых органических лигандов и бис-циклометаллированных комплексов иридия(III), условия выращивания монокристаллов исследуемых соединений, пригодных для рентгеноструктурного анализа, сведения об использованных в работе приборах и оборудовании, результаты физико-химических методов анализа, использованных для идентификации и характеризации соединений (спектроскопия ЯМР $^{1}H$, $^{13}C$, масс-спектрометрия высокого разрешения, монокристальная и порошковая рентгеновская дифракция, измерение температур плавления, спектроскопия поглощения, люминесцентная спектроскопия, циклическая вольтамперометрия, термогравиметрия).

Четвертая глава представляет собой **обсуждение полученных результатов** и является основной частью диссертационной работы. Данная глава состоит из семи разделов, последовательно описывающих синтез и изучение структуры полученных моно- и бис-циклометаллированных комплексов иридия(III), исследование их фотофизических и окислительно-восстановительных свойств, проведение квантово-химических расчетов, а также изучение вольтамперных характеристик фотоанодов, сенсибилизированных гидролизованными комплексами иридия(III).

Первый раздел посвящен рассмотрению влияния синтезированных циклометаллированных лигандов на структуру хлоридных комплексов иридия(III). Постепенное увеличение размера полиароматических фрагментов приводит к появлению структурных искажений, тогда как классические состав и структура бис-циклометаллированных димеров с мостиковыми атомами хлора при этом сохраняются. Дальнейшее увеличение размера π-сопряженных фрагментов приводит систему в «пограничное» состояние, где наблюдаются или значительное усиление степени искажения лигандных фрагментов, или изменение типа координации C^N лиганда, а именно, образование шестичленных металлоциклов. При этом показана возможность как изменения геометрии центрального иона (образование тригонально-пирамидального бис-циклометаллированного комплекса), так и изменения состава продукта (образование моноциклометаллированного комплекса).

Второй раздел посвящен описанию синтеза и структуры гетеролептических бисциклометаллированных комплексов с 1,3-дикетонатами/2,2′- бипиридинами. Синтез указанных соединений проводился либо напрямую с участием дихлоридного диммера, либо через промежуточный диацетонитрильный комплекс иридия(III). Рентгеноструктурный анализ полученных соединений демонстрирует образование

ожидаемых *транс*-N,N' структур гетеролептических бис-циклометаллированных комплексов, при этом длины связей Ir–N, Ir–C и Ir–O не выходят за пределы значений для аналогичных бисциклометаллированных дикетонатных комплексов иридия(III) по данным Кембриджской базы структурных данных. Характер геометрических искажений лигандов в составе комплексов определяется исключительно типом сопряженной системы бензимидазола. Кристаллические упаковки большинства комплексов являются весьма рыхлыми и стабилизированы в основном π–стэкинговыми и/или C–H···π взаимодействиями.

В третьем разделе описан подход к получению комплексов иридия(III) нетривиального состава и структуры с использованием бензимидазола с антраценильным фрагментом. Наличие в реакционной смеси лигандов, которые могут быть легко металлированы, приводит к тому, что объемный 1-фенил-2-(9-антраценил)-бензимидазольный лигнад (anbi) не может прочно связаться с ионом иридия(III) по стерическим причинам. Следовательно, данный бензимидазол не может конкурировать с 2-фенилпиридином, 2,2′-бипиридином или 2,2'-бипиримидином и, вероятно, даже с хлоридом за место в координационной сфере иридия, что приводит к легкому осаждению циклометаллированных продуктов с более компактными лигандами. Реакция с участием эквимолярных количеств $IrCl_3xH_2O$, anbi и 4,4′-дизамещенных 2,2′-бипиридинов приводит к образованию инертных по отношению к лигандному обмену нециклометаллированных комплексов состава *гран*-[$IrCl_3$(bpy-R,R)(anbi)]. Характеризация нетривиальных координационных соединений иридия(III) проводилась с использованием РСА.

В четвертом разделе приведен синтез циклометаллированных комплексов иридия(III) с редокс-активными дополнительными лигандамина на базе *о*-катехола и *о*-аминофенола. Все полученные комплексы являются парамагнитными, при этом, согласно данным спектроскопии ЭПР, неспаренный электрон находится преимущественно на дополнительном лиганде с небольшим вкладом d-орбиталей иридия.

Пятый раздел посвящен фотофизическим и окислительно-восстановительным свойствам полученных иридиевых комплексов. В данном разделе приведено последовательное сравнение свойств комплексов как внутри семейств, так и между семействами, сделаны выводы о влиянии как структуры циклометаллированных и дополнительных лигандов, так и донорно-акцепторных свойств вводимых в каркас комплексов заместителей на исследуемые характеристики.

Приведенные в шестом разделе квантово-химические расчеты в основном подтверждают экспериментально наблюдаемые тенденции в изменении свойств полученных комплексов, позволяют оценить вклад орбиталей различных фрагментов соединений в ВЗМО и НСМО. Дополнительно в данном разделе были оценены термодинамические характеристики как синтезированных комплексов, содержащих антраценильный фрагмент, так и потенциально возможных комплексов схожего состава. На основании экспериментальных и расчётных данных был сделан вывод о том, что комплексы на основе семихиноновых и иминосемихиноновых лигандов являются нейтральными соединениями вида $[Ir^{III}(C^\wedge N)_2(O^\wedge X^{\bullet-})]$ с электронной конфигурацией основного состояния ($5d^6$+O^$X^{\bullet-}$,19e−, S=1/2).

В седьмом разделе представлены данные о тестировании в фотовольтаике наиболее светопоглощающих и обратимо окисляющихся комплексов иридия(III). В симулированном солнечном свете AM 1.5G и в темноте были получены вольтамперные

характеристики фотоанодов, сенсибилизированных гидролизованными формами выбранных комплексов. Были сделаны выводы о зависимости общей эффективности солнечных элементов от локализации возбужденного состояния и общей поглощающей способность целевых иридиевых комплексов.

Полученные автором научные результаты работы **обладают высокой степенью значимости для науки и практики**. Так, в рамках данной работы получены новые данные о влиянии электронной природы заместителей и стерической загруженности лигандов на состав, строение, оптические и окислительно-восстановительные свойства циклометаллированных комплексов иридия(III). Полученные бис-циклометаллированные комплексы могут быть использованы в качестве красителей в солнечных элементах Гретцеля, наличие в них «якорной» группы также открывает потенциал их использования в качестве нанесенных катализаторов. Выделенный координационно ненасыщенный комплекс иридия(III) может быть интересен как модель интермедиатов в различных иридий-катализируемых органических реакциях. Полученные комплексы с редокс-активными дополнительными лигандами имеют потенциал для использования в фототермических и фотовольтаических устройствах.

**Научная новизна работы не вызывает сомнений.** Так, впервые на основе систематического изучения бис-циклометаллированных комплексов иридия(III) с бензимидазольными/фенантроимидазольными и различными дополнительными лигандами были установлены границы применимости основных подходов молекулярного дизайна для получения интенсивно светопоглощающих комплексов иридия(III). Была выявлена взаимосвязь между стерическими и электронными свойствами циклометаллированных лигандов, а также условиями реакции циклометаллирования с одной стороны и составом, строением и физико-химическими свойствами комплексов иридия(III) с другой. Был установлен характер влияния природы заместителей в циклометаллированном и дополнительном лигандах, а также типа дополнительного лиганда на оптические и окислительно-восстановительные свойства полученных комплексов иридия(III). Впервые была показана возможность получения нестандартных моноциклометаллированных и неметаллированных комплексов иридия(III) при использовании антрацен-замещенного бензимидального лиганда. Впервые были установлены особенности кристаллической и электронной структуры, проанализированы оптические свойства радикальных бисциклометаллированных комплексов иридия(III) с редокс-активными дополнительными лигандами.

Диссертационная работа изложена грамотным языком, повествование выглядит логичным и последовательным. Вместе с тем, при прочтении диссертации возник ряд замечаний и вопросов. По представлению материала в диссертационной работе есть следующие замечания и рекомендации:

1. Согласно номенклатуре координационных соединений по IUPAC между названием центрального атома и римской цифрой, обозначающей его степень окисления, не принято ставить пробел (стр 9, 10, 14, 21,31, 33, 43).

2. Предполагаю, что на стр. 18 и 39 вместо дибензохинолина подразумевался дибензо[*f*,*h*]хиноксалин.

3. Вероятно, не очень удачная формулировка про смешение полос и состояний: «Это происходит в основном в силу того, что расширение сопряженной системы приводит к

батохромному сдвигу LC полос поглощения и, как следствие, к смешению их с CT состояниями в области низких энергий (стр 22)»

4. На стр. 120 говорится о том, что «эффект π-донорных и σ-акцепторных заместителей - OMe и -OHex явно зависит от их положения. В мета-положении к связи Ir–C (комплекс 6) наличие -OHex фрагмента вызывает незначительный гипсохромный сдвиг максимумов поглощения, в то время как в пара-положении к связи Ir–C (комплекс 3) присутствие -OMe группы приводит к батохромному сдвигу длинноволновых максимумов, что согласуется как с литературными данными [95,96], так и с наблюдаемыми закономерностями в спектрах поглощения комплексов с фенантроимидазолами». Вероятно, имелись в виду комплексы 16 и 13 соответственно.

5. На стр 122 сказано о том, что «Все комплексы в данной серии демонстрируют оранжевую или красную эмиссию с максимумами в диапазоне от 502 нм (комплекс 16) до 633 нм (комплекс 21)». Возможно, не очень корректно подобрана формулировка, т.к. люминесценция с максимумом полосы около 500 нм (даже при наличии достаточно широкой полосы испуская) глазом должна восприниматься как изумрудная или зеленая. Безусловно, для точного предсказания цвета необходимо рассчитать координаты в цветовом пространстве CIE. Возможно, данный расчет был произведен?

6. На стр 140 в подписи к рисунку указано: «Вольтамперная характеристика фотоанодов, сенсибилизированных комплексом 6H (1), комплексом 7H (2), комплексом 9H (3) и красителем N719 (4) под воздействием солнечного света AM 1.5G (100 мВт см2 ) в ацетонитрильном растворе 0,5 M LiI + 0,05 M I2. Вольтамперные характеристики фотоанодов, сенсибилизированных комплексами 6H (1'), 7H (2'), 9H (3') и красителем N719 (4') в темноте (слева). Характеристики IPCE% фотоанодов, сенсибилизированных комплексом 1H (1), комплексом 2H (2) и комплексом 4H (3) (справа)». Вероятно, дана неверная нумерация комплексов для характеристик IPCE% фотоанодов.

7. Синтез и характеризация соединений относятся к результатам, а не к выводам исследовательской работы. Корректнее 5ую главу именовать как «основные результаты и выводы».

Также при ознакомлении с текстом диссертационной работы возник ряд **вопросов**:

1. В разделе «Актуальность работы и степень разработанности темы исследования» на стр. 3 говорится, что «последнее (расширение сопряженной системы лигандов) в общем случае считается эффективным инструментом для углубления окраски и увеличения эффективности люминесценции соответствующих металлокомплексов». Верно ли подобное *однозначное* утверждение о повышении квантовой эффективности люминесценции при увеличении сопряжённой системы лигандов? Ведь увеличение сопряженной системы лигандов зачастую приводит к уменьшению энергетического зазора между основным и возбужденным состояниями, что повышает вероятность безызлучательных переходов, и как следствие, приводит к уменьшению квантового выхода люминесценции.

2. В экспериментальной части при описании методики синтеза комплексов 20-22 указано, что реакция проводилась в темноте, однако при синтезе комплекса 9 данное условие не прописано. С чем связано данное различие?

3. На стр. 83 и 105 при описании синтеза нестандартных комплексов иридия на основе антраценил-бензимидазола упоминается об образовании примеси

полимерных/олигомерных продуктов. Исследовались ли данные продукты? Какая предполагаемая структура побочных полимерных продуктов?

4. Среди серии комплексов 1-20 наименьший выход реакции наблюдается для комплекса с гексилокси-заместителем (комплекс 16) и составляет 27% против 62% для комплекса с трифторметильным заместителем (комплекс 15), полученным по аналогичной модифицированной методике синтеза дикетонатных комплексов иридия. Чем обусловлен достаточно низкий выход реакции для комплекса 16?

5. Как подтверждалось успешное протекание гидролиза для комплексов 1-7, 9 и образование солей $(1\text{-}7)H^{-}TBA^{+}$, $9H^{-}TBA^{+}$? В экспериментальной части отсутствует информация о сигналах в алифатической области $^{1}H$ спектра ЯМР для диапазона, где должны наблюдаться сигналы от катиона $TBA^{+}$.

6. С чем связано отсутствие времен жизни возбужденного состояния для комплексов 11-23? (Таблица 2, стр. 116)

7. На стр 117 и 120 батохромный сдвиг максимумов полос поглощения полученных соединений объясняется с точки зрения расширения сопряженной системы в циклометаллированных лигандах, при этом сравнение проводится относительно спектра комплекса с бензотиофеновым фрагментом (комплекс 6). Насколько правомерным является данное сравнение, если в случае комплекса 6 происходит не только расширение ароматической системы, но и введение поляризуемого атома, что также приводит к снижению энергии $\pi$-$\pi^*$ LC переходов, тем самым способствуя смешению LC состояний с состояниями с переносом заряда, и, как следствие, сдвигу полос в красную область и увеличению молярного коэффициента поглощения?

8. С чем может быть связан гипсохромный сдвиг полосы поглощения в области 400-500 нм и увеличение $\varepsilon$ на ~50% для комплекса с карбоксиметильной группой в арильном фрагменте о-иминосемихинонового лиганда в пара-положении к амину (комплекс 31, стр. 125)?

9. В тексте диссертации приводятся рассуждения о влиянии искажений в структурах лигандов (и, как следствие, разной степени сопряжения в координированных лигандах) на оптические свойства комплексов. Однако данные выводы сделаны на основании искажений, наблюдаемых для твердой фазы. Доказывалось ли сохранение структуры комплексов при переходе из кристаллической фазы в раствор, например, посредством двумерной $^{1}H$-$^{1}H$ NOESY спектроскопии ЯМР?

10. Зонная структура $TiO_2$ зависит от его кристаллической фазы (рутил, анатаз, бруктит). Какой оксид титана был использован в экспериментах, описанных в диссертационной работе? Каким образом оценивалось связывание комплексов с поверхностью оксида титана? Проводилась ли очистка фотоанодов, сенсибилизированных комплексами иридия, от избытка используемых комплексов?

Высказанные замечания и вопросы носят дискуссионный либо рекомендательный характер и не затрагивают существа работы, не снижают ее научной и практической ценности. Диссертация по совокупности и степени обоснованности научных положений, основных результатов и выводов представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, содержащую ценные в теоретическом и практическом плане сведения о циклометаллированных комплексах иридия(III) и фотовольтаических материалов на их основе.

Диссертация Татарина Сергея Владимировича является законченным научным исследованием, выполненным на современном научном уровне. Сделанные выводы не противоречат результатам исследования и являются обоснованными. **Достоверность и обоснованность представленных результатов, научных положений и выводов диссертации** не вызывает сомнений, поскольку подтверждается воспроизводимостью и согласованностью экспериментальных данных, полученных с использованием широкого набора физико-химических методов анализа (рентгеноструктурного анализа, рентгенофазового анализа, мультиядерной спектроскопии ядерного магнитного резонанса, масс-спектрометрии высокого разрешения, термогравиметрии, электронной спектроскопии поглощения, люминесцентной спектроскопии и циклической вольтамперометрии).

В рецензируемой научно-квалификационной работе содержится **решение научной задачи,** связанной с разработкой методов направленного синтеза новых циклометаллированных комплексов иридия(III) с улучшенным светопоглощением в видимой области и функциональных фотовольтаических материалов на их основе, имеющей значение для развития современной неорганической химии и материаловедения.

Автор показал себя сформировавшимся исследователем, способным успешно планировать и выполнять сложные неорганические синтезы, применять современные методы анализа, а также ставить и решать сложные и актуальные научные задачи, осмыслять и обобщать полученные результаты. **Основные результаты** диссертационной работы **опубликованы** в 4 статьях в научных журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, а также в виде 17 тезисов докладов на научных конференциях, в том числе международных.

Содержание диссертации **соответствует паспорту специальности** 1.4.1. - Неорганическая химия п.1 «Фундаментальные основы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе», п.2 «Дизайн и синтез новых неорганических соединений и особо чистых веществ с заданными свойствами», п.3 «Химическая связь и строение неорганических соединений», п.5 «Взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений. Неорганические наноструктурированные материалы», п.6 «Определение надмолекулярного строения синтетических и природных неорганических соединений, включая координационные», п.7 «Процессы комплексообразования и реакционная способность координационных соединений. Реакции координированных лигандов».

**Заключение.** Таким образом, диссертация Татарина Сергея Владимировича «Дизайн интенсивно светопоглощающих циклометаллированных комплексов иридия(III) с 2-арилбензимидазолами и различными вспомогательными лигандами» по актуальности, поставленной задаче, новизне, достоверности и практической значимости полученных результатов **соответствует** требованиям пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении учёных степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН) от 29.03.2024 г.. Автор данной диссертационной работы, Татарин Сергей Владимирович, вне всякого сомнения, **заслуживае**т присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 - Неорганическая химия.

Официальный оппонент
Кисель Кристина Станиславовна
кандидат химических наук (02.00.01 – неорганическая химия),
ассистент, Кафедра общей и неорганической химии,
Институт химии,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»
Адрес электронной почты: k.kisel@spbu.ru
198504, Санкт-Петербург, Петергоф,
Университетский проспект, дом 26;
Тел. +7 (812) 363-67-22

15.06.2025 г.

Личную подпись
К. С. Кисель
заверяю
И.О. начальника отдела кадров МФ
И.И. Константинова
17.06.2025

Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
http://spbu.ru/science/expert.html

Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей

**Сведения об оппоненте**

по диссертационной работе **Татарина Сергея Владимировича** на тему: «Дизайн интенсивно светопоглощающих циклометаллированных комплексов иридия(III) с 2-арилбензимидазолами и различными вспомогательными лигандами», представленную на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. – Неорганическая химия (химические науки)

| | |
|---|---|
| Фамилия Имя Отчество оппонента | Кисель Кристина Станиславовна |
| Шифр и наименование специальности, по которым защищена диссертация | 1.4.1 Неорганическая химия |
| Ученая степень и отрасль науки | Кандидат химических наук |
| Ученое звание | - |
| Полное название организации, являющейся основным местом работы | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет" |
| Ведомственная принадлежность организации | Правительство Российской Федерации |
| Занимаемая должность, структурное подразделение | ассистент, Кафедра общей и неорганической химии, Институт химии |
| Почтовый индекс, адрес | 198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект, дом 26 |
| Телефон | +7 (812) 363-67-22 |
| Адрес электронной почты | k.kisel@spbu.ru |
| Список основных публикаций официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций) | 1. Durova, E. V.; Galenko, E. E.; Shtyrov, A. A.; Ryazantsev, M. N.; Kisel, K. S.; Shakirova, J. R.; Tunik, S. P. A New Family of Pt(II) Isocyanide Complexes with NNC-Type Pincer Ligands: Correlation between Structural Features and Aggregation-Induced Emission. *Opt. Mater.* **2025**, *162*, 116926. https://doi.org/10.1016/j.optmat.2025.116926.<br>2. Shilov, R. A.; Baigildin, V. A.; Kisel, K. S.; Galenko, E. E.; Gubarev, A. S.; Mikhailova, M. E.; Vezo, O. S.; Tsvetkov, N. V.; Shtyrov, A. A.; Ryazantsev, M. N.; Shakirova, J. R.; Tunik, S. P. RAFT Copolymerization of Pt(II) Pincer Complexes With Water-Soluble Polymer as an Efficient Way to Obtain Micellar-Type Nanoparticles With Aggregation-Induced NIR Emission. *Aggregate* **2025**, *6* (3), e713. https://doi.org/10.1002/agt2.713.<br>3. Kisel, K. S.; Samandarsangari, M.; Sokolov, V. V.; Porsev, V. V.; Silonov, S. A.; Shakirova, J. R.; Evarestov, R. A.; Tunik, S. P. Luminescent Re(I) Sensors for Copper Ion Detection in the Lifetime Based Mode. *Opt. Mater.* **2025**, *159*, 116589. https://doi.org/10.1016/j.optmat.2024.116589. |

| | |
|---|---|
| | 4. Shilov, R. A.; Podkorytov, I. S.; Kisel, K. S.; Galenko, E. E.; Karpitskaya, D. O.; Rodionov, I. A.; Shakirova, J. R.; Tunik, S. P. DPPM-Bridged Binuclear Pt(II) Pincer Complexes: Chemistry, Structure, and Photophysics in Solution Revisited. *Inorg. Chem.* **2024**, *63* (24), 11194–11208. https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.4c00984.<br>5. Kisel, K. S.; Shakirova, J. R.; Pavlovskiy, V. V.; Evarestov, R. A.; Gurzhiy, V. V.; Tunik, S. P. Unusual Effects of the Metal Center Coordination Mode on the Photophysical Behavior of the Rhenium(I) and Rhenium(I)–Iridium(III) Complexes. *Inorg. Chem.* **2023**, *62* (45), 18625–18640. https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.3c02915.<br>6. Katkova, S. A.; Kozina, D. O.; Kisel, K. S.; Sandzhieva, M. A.; Tarvanen, D. A.; Makarov, S. V.; Porsev, V. V.; Tunik, S. P.; Kinzhalov, M. A. Cyclometalated Platinum( II ) Complexes with Acyclic Diaminocarbene Ligands for OLED Application. *Dalton Trans.* **2023**, *52* (14), 4595–4605. https://doi.org/10.1039/D3DT00080J.<br>7. Hendi, Z.; Kozina, D. O.; Porsev, V. V.; Kisel, K. S.; Shakirova, J. R.; Tunik, S. P. Investigation of the N^C Ligand Effects on Emission Characteristics in a Series of Bis-Metalated [Ir(N^C)2(N^N)]+ Complexes. *Molecules* **2023**, *28* (6), 2740. https://doi.org/10.3390/molecules28062740.<br>8. Temerova, D.; Chou, T.-C.; Kisel, K. S.; Eskelinen, T.; Kinnunen, N.; Jänis, J.; Karttunen, A. J.; Chou, P.-T.; Koshevoy, I. O. Hybrid Inorganic–Organic Complexes of Zn, Cd, and Pb with a Cationic Phenanthro-Diimine Ligand. *Inorg. Chem.* **2022**, *61* (48), 19220–19231. https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.2c02867.<br>9. Temerova, D.; Kisel, K. S.; Eskelinen, T.; Melnikov, A. S.; Kinnunen, N.; Hirva, P.; Shakirova, J. R.; Tunik, S. P.; Grachova, E. V.; Koshevoy, I. O. Diversifying the Luminescence of Phenanthro-Diimine Ligands in Zinc Complexes. *Inorg. Chem. Front.* **2021**, *8* (10), 2549–2560. https://doi.org/10.1039/D1QI00149C.<br>10. Sivchik, V.; Kochetov, A.; Eskelinen, T.; Kisel, K. S.; Solomatina, A. I.; Grachova, E. V.; Tunik, S. P.; Hirva, P.; Koshevoy, I. O. Modulation of Metallophilic and π–π Interactions in Platinum Cyclometalated Luminophores with Halogen Bonding. *Chem. – Eur. J.* **2021**. *27* (5), 1787–1794. https://doi.org/10.1002/chem.202003952. |

02.06.2025

Кисель Кристина Станиславовна

Кандидат химических наук (специальность 1.4.1. Неорганическая химия), ассистент Кафедры общей и неорганической химии, Институт химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет"

198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект, дом 26.
Контактный телефон: +7 (812) 363-67-22, e-mail: k.kisel@spbu.ru

Согласен на обработку персональных данных, связанную с работой диссертационного совета 01.4.001.91.

Кисель Кристина Станиславовна

Личную подпись
К.С. Кисель
заверяю
И.О. начальника отдела кадров №3
И.И. Константинова
17.06.2025