

УТВЕРЖДАЮ



Директор Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт
неорганической химии им. А.В. Николаева
Сибирского отделения Российской академии наук
д.х.н., профессор РАН _____ К.А. Брылев
« 06 » _____ 06 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация Кузнецовой Анны Андреевны на тему «Новые аспекты химии полиоксометаллатов, содержащих рутений: синтез, характеристика и реакционная способность» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия выполнена в лаборатории синтеза комплексных соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (ИНХ СО РАН). В период подготовки диссертации с августа 2020 г. по настоящее время Кузнецова Анна Андреевна обучается в очной аспирантуре и работает младшим научным сотрудником в лаборатории синтеза комплексных соединений ИНХ СО РАН. В 2020 г. окончила ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по специальности «Фундаментальная и прикладная химия».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов и периоде обучения выдана 25 мая 2022 г. в ФГБУН «Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук» (ИНХ СО РАН) на основании подлинных протоколов кандидатских экзаменов и удостоверения, хранящихся в архиве института.

Научный руководитель – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник ИНХ СО РАН Абрамов Павел Александрович.

На семинаре отдела присутствовали: 53 сотрудника отдела и приглашенные, в том числе 8 докторов наук, членов диссертационного совета 24.1.086.01 (д.х.н. Артемьев А.В., д.х.н. Булавченко А.И., д.х.н. профессор РАН Дыбцев Д.Н., д.х.н., профессор Коренев С.В., д.х.н. Костин Г.А., д.х.н. Потапов А.С., д.х.н., профессор РАН Соколов М.Н., д.х.н. Шубин Ю.В.), 5 докторов наук (д.х.н. Абрамов П.А., д.х.н. Гуцин А.Л., д.х.н. Конченко С.Н., д.х.н., профессор Лавренова Л.Г., д.х.н. Шестопалов М.А.) и 20 кандидатов наук (к.ф.-м.н. Берёзин А.С., к.х.н. Вершинин М.А., к.х.н. Воротников Ю.А., к.х.н. Воротникова Н.А., к.х.н. Давыдова М.П., к.х.н. Ермолаев А.В., к.х.н. Иванов А.А., к.х.н. Кальный Д.Б., к.х.н. Коковкин В.В., к.х.н. Кокина Т.Е., к.х.н. Коренев В.С., к.т.н. Кузнецов В.А., к.х.н. Макотченко Е.В., к.х.н. Петров П.А., к.х.н. Поповецкий П.С., к.х.н. Подлипская Т.Ю., к.х.н. Садыков Е.Х., к.х.н. Савков Б.Ю., к.х.н. Чеплакова А.М., к.х.н. Шапаренко Н.О.)

Слушали: доклад соискателя Кузнецовой Анны Андреевны по диссертационной работе «Новые аспекты химии полиоксометаллатов, содержащих рутений: синтез, характеристика и реакционная способность».

Рецензент – д.х.н., г.н.с. лаборатории металл-органических координационных полимеров Артемьев Александр Викторович (ИНХ СО РАН).

Вопросы задавали: д.х.н. **Костин Г.А.** (Что помешало выделить комплекс с гетероциклом в твёрдом виде? Снимали ли ^{14}N ЯМР? В каком растворителе проводили реакцию ванадонииобата с комплексом рутения?); д.х.н. **Шестопапов М.А.** (Как доказывали получение гетероцикла в координационной сфере рутения? В каком растворителе проводили масс-спектрометрические исследования? Выход цезиевой соли полиоксометаллата 35%, какие остальные продукты реакции?); д.х.н. **Потапов А.С.** (Можно ли получить целевой продукт, непосредственно добавляя тетразол к комплексу рутения? Какая получается концентрация метанола при добавлении его к раствору комплекса? Какой смысл вы вкладываете в фразу «новые аспекты» в названии работы, какие это «аспекты»? Как определяли катионный состав продуктов – только с помощью РСА? Почему указаны целочисленные значения для натрия и протонов в формулах веществ?); д.х.н. **Корнев С.В.** (Цезий, калий и натрий находятся в полостях? Катионный состав зависит от количества калия и натрия в растворе? Сохранится ли стехиометрия, если изменить изначальное количество цезия, калия и натрия? Будет ли обратим процесс сдвига сигнала от протонов бензольного кольца, если кислые растворы обратно подщелачивать?); д.х.н. **Гущин А.Л.** (Как образуется комплекс с координированной молекулой азота, известен ли механизм?); д.х.н. **Булавченко А.И.** (Ассоциируются ли ваши комплексы в растворах в большие агрегаты? Какими методами вы это изучали?); к.х.н. **Кальный Д.Н.** (С какой точки на кривой начинается развертка ЦВА? Какие степени окисления рутения в комплексах? С каким электродом были проведены измерения? В какой концентрации были комплексы в растворе? К каким процессам относятся пики на вольтамперограмме?); д.х.н. **Артемьев А.В.** (В какой среде – кислой, нейтральной или щелочной – происходит клик-реакция? Есть ли доказательства, что клик-реакция проходит в координационной сфере рутения?); к.х.н. **Иванов А.А.** (В каком растворителе снимали ^1H ЯМР? Использовали ли какой-то стандарт для определения химического сдвига? Есть ли вероятность, что сигнал сдвигается только из-за изменения рН?).

По результатам рассмотрения диссертационной работы «Новые аспекты химии полиоксометаллатов, содержащих рутений: синтез, характеристика и реакционная способность» принято следующее заключение:

Диссертационная работа Кузнецовой А.А. 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 2016 по 2022 г.г.

Диссертационная работа выполнялась 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», базовый проект «Разработка методов синтеза координационных соединений. Определение структурообразующих факторов. Теоретическое и экспериментальное исследование электронного строения и физико-химических свойств» (№121031700313-8). Также работа проводилась в рамках проектов РФФИ №19-73-10027 (руководитель П.А. Абрамов), гранта президента МК-333.2017.3 (руководитель П.А. Абрамов). Исследование было поддержано стипендией Правительства РФ студентам и аспирантам (2019-2020 уч. г.), премией им. академика А.В. Николаева (2019), премией мэра города Новосибирска в сфере науки и инноваций (2020 г.), именной стипендией Правительства Новосибирской области (2022 г.).

Личный вклад автора. При участии автора были поставлены цели и задачи исследования. Непосредственно автором выполнен анализ литературных данных по теме диссертации, осуществлена разработка методов синтеза указанных в экспериментальной части

комплексов, получены монокристаллы, пригодные для РСА, и проведена подготовка проб для аналитических процедур. Запись ИК-спектров соединений и термогравиметрические анализы были проведены непосредственно автором работы. Интерпретация результатов ТГА, ЭДРС, ИСП-АЭС, элементного СНN-анализа, ЯМР, РФА, масс-спектрометрии, проводилась автором. Обсуждение других экспериментальных данных и подготовка статей проводились совместно с научным руководителем и соавторами работ. Окончательная обработка полученных данных, обсуждение результатов работы и формулировка выводов выполнены непосредственно автором.

Актуальность темы исследования. Полиоксометаллаты (ПОМ) – это полиядерные оксо-/гидроксокомплексы металлов, характерные, как правило, для элементов в высших степенях окисления. Химия таких соединений наиболее изучена для металлов пятой (V, Nb, Ta) и шестой (Mo, W) групп.

Интерес к химии этих комплексов обусловлен, в первую очередь, их способностью катализировать широкий ряд окислительно-восстановительных и кислотно-основных превращений. Многие из них проявляют фото- и редокс-активность, молекулярный магнетизм и даже противоопухолевые и противовирусные свойства. Важным свойством полиоксоанионов 6 группы является способность к обратимому многоэлектронному восстановлению, что позволяет их рассматривать как молекулярные конденсаторы. По мере их «зарядки электронами» возрастает восстановительный потенциал таких соединений.

Широкие перспективы применения полиоксометаллатов давно привлекают внимание, однако по-прежнему актуальны и интересны фундаментальные аспекты химии ПОМ. Изучение механизмов образования ПОМ, которое происходит практически исключительно в растворах, должно помочь раскрыть детали таких сложных процессов, как селективная «самосборка» полиядерных соединений, содержащих десятки и даже сотни атомов переходного металла, из моноядерных комплексов. Исследование этих процессов является актуальной задачей для создания новых наноразмерных материалов заданного состава и строения с прогнозируемыми свойствами.

Полиоксометаллаты отличаются большим структурным разнообразием, как изо-, так и гетерополиядерных комплексов, однако их комплексы с благородными металлами мало изучены или вообще неизвестны. Тем не менее, есть все основания полагать, что такие гибридные полиоксометаллаты, содержащие благородный металл, будут проявлять высокую каталитическую активность в различных реакциях. Так как комплексы благородных металлов, как правило, кинетически инертны, то в отличие от комплексов 3d-элементов, структура ПОМ с благородными металлами, установленная для монокристаллов, должна, с большой вероятностью, сохраняться и в растворе. Это важно для интерпретации реакционной способности и практического применения данных соединений.

Среди благородных металлов особенно интересен рутений, благодаря богатству его химии, широкой гамме устойчивых степеней окисления, и высокой каталитической активности во многих важных процессах органического синтеза, биологической активности при относительно невысокой стоимости металла. Учитывая большой потенциал полиоксометаллатов в катализе окислительно-восстановительных реакций, получение гибридных ПОМ с рутением в структуре является очень актуальной задачей. А изучение их свойств и поведения в растворе становится крайне важным для разработки функциональных материалов и дальнейшего применения. Таким образом, синтез неизвестных рутений-содержащих полиоксометаллатов должен открыть путь к новым высокоэффективным катализаторам различных реакций.

Научная новизна и практическая значимость проведенного исследования.

Исследование, в первую очередь, было направлено на развитие синтетических подходов для расширения числа и структурного разнообразия известных рутений-содержащих полиоксометаллатов. В диссертационной работе разработаны методики синтеза 18 новых соединений. Впервые показано, что взаимодействие $[X^{III}W_9O_{33}]^{9-}$ ($X = As$ и Sb) с источником $\{Ru(NO)\}^{3+}$ приводит к образованию полиоксоанионов разного типа, несмотря на аналогичные условия. Для комплекса с мышьяком – это α_1 - и α_2 -изомеры аниона Доусона $[As^V_2W_{17}\{Ru(NO)\}O_{61}]^{7-}$, в котором центральный гетероатом As находится в зарядовом состоянии 5+. В случае комплекса с сурьмой образуется $[Sb^{III}W_{17}\{Ru(NO)\}O_{59}]^{10-}$ со структурой, производной от структурного типа Доусона, где центральный гетероатом Sb остаётся в своей исходной степени окисления. Кроме того, были подробно исследованы растворы данных комплексов и изучены их электрохимические свойства.

Впервые показано, что полиоксоаниобат $[VNb_{14}O_{42}(CO_3)_2]^{13-}$ может терять два фрагмента $\{Nb(CO_3)\}$ с образованием в растворе $[VNb_{12}O_{40}]^{15-}$, который благодаря высокому отрицательному заряду может выступать как мощный центр координации. Показано, что с источниками $\{(C_6H_6)Ru\}^{2+}$ образуются комплексы с тремя и четырьмя металлоорганическими лигандами $[\{(C_6H_6)Ru\}_4VNb_{12}O_{40}]^{7-}$ и $[\{(C_6H_6)Ru\}_3VNb_{12}O_{40}]^{9-}$, а в условиях хроматографического разделения происходит перераспределение рутенийсодержащих фрагментов с образованием комплекса с пятью группировками $\{(C_6H_6)Ru\}^{2+}$.

В результате самосборки из вольфрамата натрия и $[(C_6H_6)RuCl_2]_2$ получен комплекс $[\{(C_6H_6)Ru\}_2W_8O_{28}(OH)_2]^{6-}$, который при кристаллизации при разных pH даёт набор солей с различным соотношением катионов Na^+/H^+ . Значение $pH=7$ является некоторым порогом, ниже которого в структуре реализуются π - π взаимодействия между бензольными кольцами полианиона, а при $pH > 7$ таких контактов в структурах не наблюдается. При этом расстояние между бензольными кольцами является рекордно коротким. Для $Na_6[\{(C_6H_6)Ru\}_2W_8O_{30}(OH)_2] \cdot 16H_2O$ обнаружена электрокаталитическая активность в процессе окисления метанола.

Показана возможность функционализации лиганда в координационной сфере рутения. Впервые получено соединение $[PW_{11}O_{39}\{Ru^{III}(CH_3CN)\}]^{4-}$, которое является удобным предшественником для дальнейших превращений. В результате исследований обнаружено 2+3 циклоприсоединение ацетонитрила к азиду в координационной сфере рутения с образованием тетразолатного комплекса $[PW_{11}O_{39}\{Ru^{III}(N_4CCH_3)\}]^{5-}$. Замена растворителя приводит к комплексу с координированной молекулой диазота $[PW_{11}O_{39}\{Ru^{II}(N_2)\}]^{5-}$. Впервые получена гетерополикислота $[H_4PW_{11}O_{39}\{Ru^{II}(NO)\}]$.

Расширен ряд известных рутенийсодержащих комплексов с полиоксометаллатами и собраны данные о составе, строении, поведении в растворах, необходимые для более глубокого понимания процессов в химии ПОМ.

Методом циклической вольтамперометрии была обнаружена редокс-активность ряда полученных соединений, что может являться предварительным маркером каталитической активности в окислительно-восстановительных реакциях. Для некоторых соединений обнаружена электрокаталитическая активность в окислении и/или восстановлении воды, что представляет интерес в сфере альтернативной энергетики.

Методология и методы диссертационного исследования.

Методология исследования базируется на препаративном подходе и включает в себя разработку и оптимизацию условий синтеза новых полиоксометаллатов, содержащих рутений, получение монокристаллов для рентгеноструктурного анализа, выделение и очистку массы вещества, подготовку образцов для аналитических процедур, исследование состава, строения и

их физико-химических свойств. Кроме того, методология исследования включала изучение поведения полученных комплексов в водных и органических растворах.

Для достоверной и однозначной характеристики полученных соединений был использован широкий набор физико-химических методов анализа. Установление строения полиоксоанионов проводилось методом рентгеноструктурного анализа (РСА) монокристаллов. Фазовая чистота объёмного образца (поликристаллического порошка) подтверждалась с помощью рентгенофазового анализа (РФА). Химический анализ проводился методами элементного СНN-анализа (ЭА), термогравиметрического анализа (ТГА), атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС), энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДРС). Для подтверждения присутствия определенных структурных фрагментов в образцах использовалась спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) и инфракрасная спектроскопия (ИК). Как водные, так и органические растворы комплексов были изучены с помощью спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР), масс-спектрометрии высокого разрешения с распылением в электрическом поле (МС), а также комбинированными методами: ВЭЖХ-ИСП-АЭС – высокоэффективная жидкостная хроматография, объединённая с атомно-эмиссионным спектрометром, ВЭЖХ-ЭСИ-МС – высокоэффективная жидкостная хроматография, объединённая с масс-спектрометром, ионизирующим пробу распылением в электрическом поле. Облучение образца светом проводилось с помощью ртутной лампы (мощность 1100 Вт, сплошной спектр). Изучение электрохимических свойств полиоксометаллатов проводилось методом циклической вольтамперометрии (ЦВА) в водных и органических растворах.

На защиту выносятся:

- методы синтеза новых рутенийсодержащих полиоксометаллатов;
- методы модификации лигандов в координационной сфере рутения, не затрагивающие полиоксоанионный остов;
- данные о кристаллических структурах полученных соединений;
- результаты исследования состава, строения и свойств комплексов набором физико-химических методов;
- результаты исследования поведения комплексов в водных и органических растворах;
- результаты изучения электрохимических свойств полиоксометаллатов, содержащих рутений.

Степень достоверности результатов исследований. Достоверность результатов исследований обеспечивается высоким теоретическим и экспериментальным уровнем выполнения исследования, на что указывают воспроизводимость и согласованность экспериментальных данных, полученных набором различных физико-химических методов. Результаты работы опубликованы в рецензируемых журналах высокого уровня, что говорит о признании результатов мировым научным сообществом. Кроме того, представленные исследования удостоены высокой оценки на российских и международных конференциях, в том числе дипломами за лучшие устные доклады.

Результаты могут быть использованы для получения новых полиоксометаллатов, содержащих рутений, для применения в катализе и электрокатализе различных реакций.

Соответствие специальности 1.4.1. Неорганическая химия. Диссертационная работа соответствует пункту 1 «Фундаментальные основы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе», пункту 2 «Дизайн и синтез новых неорганических соединений и особо чистых веществ с заданными свойствами», пункту 5 «Взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений. Неорганические наноструктурированные материалы», пункту 6 «Определение

надмолекулярного строения синтетических и природных неорганических соединений, включая координационные», пункту 7 «Процессы комплексообразования и реакционная способность координационных соединений, Реакции координированных лигандов» паспорта специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

Полнота опубликования результатов

Результаты работы опубликованы в виде 4 статей в международных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, 2 из которых входят в первый квартиль по данным Web of Knowledge. По теме работы в материалах российских и зарубежных конференций опубликованы тезисы 9 докладов.

Статьи в рецензируемых научных журналах:

1. A. Mukhacheva, A. Shmakova, V. Volchek, T. Romanova, E. Benassi, A. Gushchin, V. Yanshole, D. Sheven, N. Kompankov, P. Abramov, M. Sokolov. Reactions of $[\text{Ru}(\text{NO})\text{Cl}_5]^{2-}$ with pseudotrilacunary $(\text{XW}_9\text{O}_{33})^{9-}$ ($\text{X} = \text{As}^{\text{III}}, \text{Sb}^{\text{III}}$) anions // Dalton Transactions, 2019, 48, 42, 15989-15999. (Q1)
2. A. Mukhacheva, A. Gushchin, V. Yanshole, P. Abramov, M. Sokolov. Easy Ligand Activation in the Coordination Sphere of Ru inside the $[\text{PW}_{11}\text{O}_{39}]^{7-}$ Backbone // Molecules. 2020, 25(8), 1859.
3. A. Mukhacheva, V. Volchek, D. Sheven, V. Yanshole, N. Kompankov, M. Haouas, P. Abramov, M. Sokolov. Coordination capacity of Keggin anions as polytopic ligands: case study of $[\text{VNb}_{12}\text{O}_{40}]^{15-}$ // Dalton Transactions, 2021, 50, 7078-7084. (Q1)
4. A. Mukhacheva, V. Komarov, V. Kokovkin, A. Novikov, P. Abramov, M. Sokolov. Unusual π - π interactions directed by $\{(\text{C}_6\text{H}_6)\text{Ru}\}_2\text{W}_8\text{O}_{30}(\text{OH})_2\}^{6-}$ hybrid anion // CrystEngComm, 2021, 23, 4125-4135.

Материалы диссертационной работы представлены на конференциях:

1. Мухачева А.А. Синтез и функционализация полиоксокомплексов, содержащих рутений и осмий // 55-я Международная научная студенческая конференция МНСК-2017: 17–20 апреля 2017 года. – Новосибирск, 2017. С.106. (РИНЦ)
2. Mukhacheva A.A. Synthesis and Functionalization of Ruthenium and Osmium Containing Polyoxometalates // 27th International Chugaev Conference On Coordination Chemistry 4th Conference-School For Young Researchers “Physicochemical Methods In Coordination Chemistry”. 02-06 October 2017. – Nizhny Novgorod, 2017. P.102. (РИНЦ)
3. Мухачева А.А. Синтез и функционализация полиоксокомплексов, содержащих рутений и осмий // IV Школа-конференция «Неорганические соединения и функциональные материалы (ICFM-2017)». 21-26 мая 2017 г. – Новосибирск, 2017. С. 72.
4. Мухачева А.А. Взаимодействие $[\text{XW}_9\text{O}_{33}]^{9-}$ ($\text{X}=\text{Sb}(\text{III}), \text{As}(\text{III})$) с $\text{Ir}(\text{IV}), \text{Pt}(\text{IV})$ и $\{\text{Ru}(\text{NO})\}^{3+}$ // X Конференция молодых ученых по общей и неорганической химии. 07-10 апреля 2020. – Москва, 2020. С. 207. (РИНЦ)
5. Мухачева А.А. Новый взгляд на химию рутения в составе полиоксометаллатов // XI Конференция молодых ученых по общей и неорганической химии. 06–09 апреля 2021 года. – Москва, 2021, С. 47. (РИНЦ)
6. Mukhacheva A.A. New stories about polyoxometalates containing ruthenium // XII international conference on chemistry for young scientists “MENDELEEV 2021”. 06-10 September 2021. – Saint-Petersburg, 2021, P. 290. (РИНЦ)
7. Мухачева А.А. Новые аспекты химии полиоксометаллатов, содержащих рутений // XXVIII Международная Чугаевская конференция по Координационной химии. 03-08 октября 2021. – Пос. Ольгинка, 2021, С. 194. (РИНЦ)

8. Мухачева А.А. Новые аспекты химии рутенийсодержащих полиоксометаллатов // Конкурс научных работ молодых учёных, посвящённый 85-летию со дня рождения д.х.н., профессора Станислава Васильевича Ларионова. 22 декабря 2021 г. – Новосибирск, 2021, С. 16.
9. Мухачева А.А. Получение гибридных полиоксометаллатов, содержащих металлоорганические фрагменты на основе рутения // XII Конференция молодых ученых по общей и неорганической химии. 05-08 апреля 2022. – Москва, 2022, С. 45. (РИНЦ)

Соавторы публикаций не возражают против использования материалов перечисленных работ в диссертации А.А. Кузнецовой. Опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

Ценность научных работ соискателя заключается в получении фундаментальных знаний о строении и кристаллических структурах новых рутенийсодержащих полиоксометаллатов, установлении их физико-химических свойств, демонстрации их поведения в водных и органических растворах. Кроме того, ценность обусловлена тем, что ряд соединений проявляет редокс-активность и электрокаталитическую активность в окислении/восстановлении воды. Значимость подтверждает тот факт, что все материалы работы опубликованы в высокорейтинговых зарубежных журналах, а устные доклады регулярно поощрялись дипломами.

Решение о рекомендации работы к защите

Автор диссертации Кузнецова А.А. является сложившимся исследователем и квалифицированным работником, способным успешно проводить сложные и разносторонние исследования, имеет отличные практические навыки, хорошо ориентируется в научной литературе, способна к критическому анализу и оценке современных научных достижений. Анна Андреевна самостоятельно решает поставленные научные задачи по разработке новых методов синтеза комплексов рутения с полиоксометаллатами и исследованию их свойств. Кузнецова А.А. характеризуется целеустремленностью, настойчивостью, трудолюбием, ответственностью и способностью довести исследование до логического конца. Научные положения и выводы диссертационной работы, выполненной Кузнецовой А.А., не вызывают сомнения. Диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

В обсуждении работы выступили: рецензент д.х.н. Артемьев А.В., научный руководитель д.х.н. Абрамов П.А., д.х.н. Шестопалов М.А., д.х.н., профессор РАН Соколов М.Н., д.х.н. Потапов А.С.

В ходе обсуждения было отмечено, что диссертационная работа Кузнецовой Анны Андреевны является важным исследованием, выполненном на высоком современном экспериментальном и теоретическом уровне. Работа является полноценным научным исследованием и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. В ходе работы получен ряд новых соединений, которые могут быть перспективными в области создания материалов для электрокатализа и катализа окислительно-восстановительных реакций. Соискатель выполнил самостоятельно как синтетическую часть, так и некоторые анализы, в том числе ИК-спектроскопические и термогравиметрические исследования, а также занимался обработкой данных и интерпретацией результатов, полученных широким набором физико-химических методов. Диссертация содержит достаточный объем материала и посвящена синтезу и исследованию полиоксометаллатов, содержащих рутений, анализу их поведения в растворах и изучению их электрохимических свойств.

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

В качестве замечания высказано пожелание скорректировать выводы и доклад.

ПОСТАНОВИЛИ: диссертация «Новые аспекты химии полиоксометаллатов, содержащих рутений: синтез, характеристика и реакционная способность» КУЗНЕЦОВОЙ АННЫ АНДРЕЕВНЫ 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 65 человек. Результаты голосования «за» – 53 чел., «против» – нет, «воздержавшиеся» – нет протокол № 265 от 3 июня 2022 г.

Председатель семинара

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

д.х.н., доцент

Секретарь семинара

с.н.с. лаборатории химии комплексных
соединений

к.х.н.

Андрей Сергеевич Потапов

Евгения Васильевна Макотченко