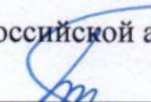


УТВЕРЖДАЮ

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

« 1 » ноября 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 Топчиян Полины Артемьевны на тему «Акванитрокомплексы иридия: получение, свойства и реакционная способность» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия выполнена в лаборатории химии редких платиновых металлов Института 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 Топчиян Полина Артемьевна обучается в очной аспирантуре и работает младшим научным сотрудником в лаборатории химии редких платиновых металлов ИНХ СО РАН. В 2020 г. окончила ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по специальности «Химия».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов и периоде обучения выдана 28 сентября 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 – кандидат химических наук, старший научный сотрудник ИНХ СО РАН Васильченко Данила Борисович.

На семинаре отдела присутствовали: 52 сотрудника отдела, в том числе 10 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 Брылев К.А., д.х.н., профессор РАН Дыбцев Д.Н., д.х.н., профессор Коренев С.В., д.х.н., доцент Костин Г.А., д.х.н., профессор Миронов И.В., д.х.н., доцент Потапов А.С., д.х.н., профессор РАН Соколов М.Н., д.х.н., чл.-к. РАН Федин В.П.), 3 доктора наук (д.х.н. Бушуев М.Б., д.х.н., профессор Лавренова Л.Г., д.х.н. Шестопалов М.А.) и 23 кандидата наук (к.х.н. Афонин М.Ю., к.х.н. Бердюгин С.Н., к.х.н. Васильченко Д.Б., к.х.н. Давыдова М.П., к.х.н. Задесенец А.В., к.х.н. Иванова М.Н., 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.х.н. Кузнецова А.А., к.х.н. Лысова А.А., к.х.н. Макотченко Е.В., к.х.н. Петров П.А., к.х.н. Поповецкий П.С., к.х.н. Попов А.А., к.х.н. Плюснин П.Е., к.х.н. Подлипская Т.Ю., к.х.н. Садыков Е.Х., к.х.н. Сухих Т.С., к.х.н. Филатов Е.Ю., к.х.н. Шапаренко Н.О.).

Слушали: доклад соискателя Топчиян Полины Артемьевны по диссертационной работе «Акванитрокомплексы иридия: получение, свойства и реакционная способность».

Рецензент – д.х.н., г.н.с. лаборатории химии редких платиновых металлов Костин Геннадий Александрович (ИНХ СО РАН).

Вопросы задавали: д.х.н. **Потапов А.С.** (Появляется ли в ваших растворах на ряду с *гран*-изомером осевой изомер? С чем это связано? Что вы можете сказать по данным масс-спектрометрии для продуктов разложения *гран*-[Ir(H₂O)₃(NO₂)₃]? Зачем проводился эксперимент с применением ¹⁷O?); д.х.н. **Костин Г.А.** (Как были откалиброваны значения, представленные для кинетики изотопного обмена? Не пробовали ли вы оценить константу равновесия обмена аквалигандов в *гран*-[Ir(H₂O)₃(NO₂)₃]?); д.х.н. **Федин В.П.** (К чему относится «приготовленные по оптимизированной методике» в выводе №5? К чему относятся рисунки, представленные на слайде 11? Правильно ли у вас сформулированы цели работы?); д.х.н. **Дыбцев Д.Н.** (Проводили ли вы сравнение активности ваших катализаторов и приготовленных с использованием хлорсодержащих предшественников иридия? А какие величины ТОН у ваших катализаторов?); **Евтушок Д.В.** (Есть ли различие в химическом состоянии иридия на носителе если использовать в качестве носителя оксид алюминия и графитоподобный нитрид углерода?).

По результатам рассмотрения диссертационной работы «Акванитрокомплексы иридия: получение, свойства и реакционная способность» принято следующее заключение:

Диссертационная работа Топчиян П.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 2017 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».

Работа выполнялась в соответствие с планом НИР Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН (г. Новосибирск). Кроме того, работа была поддержана грантом РНФ №21-13-00314, а результаты исследования отмечены стипендиями Правительства Российской Федерации (2021-2022 г.), Правительства НСО (2021-2022 г.) и стипендией имени академика А.В. Николаева за большие успехи в научной работе (2021-2022 г.).

Личный вклад автора. При участии автора были поставлены цели и задачи исследования. Непосредственно автором проведены все работы по исследованию процессов гидролиза нитроиридатов щелочных металлов и аммония, разработана оптимальная методика приготовления растворов *гран*-[Ir(H₂O)₃(NO₂)₃], подготовлены все образцы для изучения методами ЯМР на различных ядрах, масс-спектрометрии и других спектральных методов, проведены все исследования растворов методами электронной спектроскопии и потенциометрии, синтезированы все описанные в работе соединения, а также проведена расшифровка части полученных дифракционных данных, разработаны методики нанесения *гран*-[Ir(H₂O)₃(NO₂)₃] на поверхность носителей и подобраны условия для приготовления нанесенных иридийсодержащих катализаторов, проведена часть экспериментов по изучению каталитической активности полученных катализаторов, проведен анализ всех полученных в результате исследований данных.

Актуальность темы исследования. Металлы платиновой группы (МПГ) благодаря своим уникальным свойствам нашли применение практически во всех сферах деятельности человека. Они играют важную роль в различных отраслях человеческой деятельности: медицине, приборостроении, атомной и ракетной технике, незаменимы в электронике, радиотехнике, химической и нефтеперерабатывающей отраслях промышленности. Наибольший интерес с этой точки зрения получили металлические платина, палладий, родий, и их соединения, однако к настоящему времени иридий также начинает приковывать все больший

интерес исследователей. Материалы на основе иридия находят применение в направлениях, требующих высокой коррозионной и термической устойчивости, в различных каталитических процессах от селективного преобразования органических соединений до каталитического разложения гидразина, а люминесцентные свойства, характерные для многих комплексных соединений иридия с гетероциклическими лигандами, делают их крайне полезными в качестве сенсбилизаторов, эмиттеров в OLED-устройствах, в фотодинамической терапии онкозаболеваний и многом другом.

На данный момент основными исходными реагентами для получения разнообразных комплексных соединений, катализаторов и материалов, содержащих иридий, являются галогенсодержащие предшественники, такие как трихлорид иридия ($\text{IrCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), гексахлороиридиевая кислота (H_2IrCl_6) и ее соли. В то же время, известно, что галогенид-ионы могут негативно влиять на получаемые изделия, например, отрицательно сказываясь на процессах формирования поверхности катализатора, приводя к уменьшению площади, и коррозии материала носителя. Кроме того, данные ионы могут выступать в качестве каталитических ядов, что было описано для целой серии каталитических процессов, таких как окисление CO, метана, PROX-процесс. Для полного удаления хлорид-ионов необходимо проведение высокотемпературной обработки материалов, что не только дополнительно сказывается на конечных характеристиках, но и делает процесс более энергозатратным.

Таким образом, для ряда каталитических и других материалов, в качестве предшественников МПГ и, в частности иридия, предпочтительно использовать соединения, не содержащие хлорид-ионы. В случае таких металлов как родий, платина, палладий и рутений существуют коммерчески доступные, гидроксо-, нитрато- и нитрокомплексы (CAS: 18496-40-7, 10102-05-3, 21656-02-0, 34513-98-9), которые активно применяются в качестве стартовых соединений. Выбор указанного круга лигандов обоснован их высокой лабильностью, в первую очередь термической, что обеспечивает преобразование исходного предшественника в активные центры катализатора в сравнительно мягких условиях термообработки. Однако для иридия на данный момент отсутствуют примеры подобных предшественников в экономически целесообразной форме.

В то же время для иридия хорошо известны нитрокомплексы ($[\text{Ir}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$), которые представляют собой индивидуальные соединения с постоянным стехиометрическим составом. Эти соединения являются промежуточными продуктами аффинажа платиновых металлов, поэтому их наработка в промышленных объемах не должна быть сопряжена с необходимостью разработки новых технологических процессов. Однако плохая растворимость солей $(\text{NH}_4)_2\text{Na}[\text{Ir}(\text{NO}_2)_6]$, $(\text{NH}_4)_3[\text{Ir}(\text{NO}_2)_6]$, используемых в ходе аффинажа МПГ, ограничивает их применимость в качестве предшественников иридия. С другой стороны, нитрокомплексы иридия могут подвергаться акватации с образованием комплекса *гран*- $[\text{Ir}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{NO}_2)_3]$, хорошо растворимого в воде и ряде органических растворителей. Благодаря термической лабильности нитро- и аквалигандов это соединение может быть преобразовано, в достаточно мягких условиях термообработки, в частицы IrO_x и Ir^0 , а наличие сильного *транс*-влияния со стороны NO_2^- лигандов повышает лабильность аквалигандов по отношению к замещению. Таким образом, сумма вышеперечисленных свойств дает основание считать *гран*- $[\text{Ir}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{NO}_2)_3]$ перспективным в качестве универсального предшественника для изготовления различных иридийсодержащих материалов и получения новых смешаннолигандных соединений иридия.

Научная новизна и практическая значимость проведенного исследования.

Впервые представлены систематические данные по акватации солей $M_3[Ir(NO_2)_6]$, где $M = K^+, Na^+, NH_4^+$ и о влиянии условий реакционного процесса (температура реакции, кислотность среды, тип катиона в составе соединения) на получаемые продукты гидролиза. Показано значительное ускорение процесса замещения нитролигандов в случае гидротермальной обработки $(NH_4)_3[Ir(NO_2)_6]$ в кислой среде по сравнению с $K_3[Ir(NO_2)_6]$. Установлено, что нитроаквакомплексы иридия, и *гран*- $[Ir(H_2O)_3(NO_2)_3]$ в частности, демонстрируют высокую стабильность не только в кислых водных растворах, но и в твердом состоянии при длительном хранении.

На основе полученных данных разработана простая, экспрессная методика получения высококонцентрированных по иридию растворов *гран*- $[Ir(H_2O)_3(NO_2)_3]$, не содержащих примесей галогенид-ионов или катионов щелочных металлов.

Описаны процессы изотопного обмена в системах $Na_3[Ir(NO_2)_6]+Na^{15}NO_2$ и *гран*- $[Ir(H_2O)_3(NO_2)_3]+H_2^{17}O$, оценены константы скорости для этих процессов. Для соединения *гран*- $[Ir(H_2O)_3(NO_2)_3]$ показано, что сильное *транс*-влияние со стороны нитролигандов приводит к увеличению скорости обмена аквалигандов в сравнении с гексааквакомплексом иридия(III).

Для нитроаквакомплексов иридия вида *цис*- $[Ir(H_2O)_2(NO_2)_4]^-$ и *гран*- $[Ir(H_2O)_3(NO_2)_3]$ показана возможность легкого замещения аквалигандов на различные органические N- и O-координированные лиганды. Синтезировано 7 новых соединений, охарактеризованных методом рентгеноструктурного анализа.

Разработана методика синтеза гетерогенных катализаторов " $Ir^{III}/g-C_3N_4$ " активных в реакции каталитического окисления воды, активируемой под действием видимого света. Изучено влияние условий температурной обработки на каталитические характеристики изготавливаемых материалов. Показано, что применение *гран*- $[Ir(H_2O)_3(NO_2)_3]$ позволяет легко управлять не только химическим состоянием иридия на поверхности носителя, но и размером получаемых частиц при термической обработке в условиях менее $500^\circ C$. Полученные в работе катализаторы $IrO_x/g-C_3N_4$ демонстрируют рекордные показатели в данной каталитической реакции, сопоставимые с гомогенными каталитическими системами окисления воды.

Таким образом, показано, что *гран*- $[Ir(H_2O)_3(NO_2)_3]$ может быть применен как универсальный предшественник для синтеза смешаннолигандных нитрокомплексов иридия и приготовления иридийсодержащих функциональных материалов.

Методология и методы диссертационного исследования.

Методология включает в себя изучение процесса гидролиза комплексов $M_3[Ir(NO_2)_6]$, где $M = K^+, Na^+, NH_4^+$, в кислых водных растворах набором физико-химических методов, исследование замещения аквалигандов в нитроаквакомплексах иридия на органические и неорганические лиганды и изучение образующихся комплексных соединений набором спектральных и рентгеновских методов, приготовление серии $Ir/g-C_3N_4$ катализаторов окисления воды, тестирование полученных гетерогенных катализаторов, а также самого *гран*- $[Ir(H_2O)_3(NO_2)_3]$ в качестве гомогенного катализатора, с применением $NaIO_4$ в качестве жертвенного реагента.

Основными методами исследования растворов были электронная спектроскопия поглощения, масс-спектрометрия и ЯМР на ядрах $^1H, ^{15}N, ^{17}O$. В случае кристаллических и других твердых образцов были применены порошковая и монокристаллическая рентгеновская дифракция, инфракрасная спектроскопия, спектроскопия диффузного отражения, рентгенофотоэлектронная спектроскопия, а также электронная микроскопия и дифференциальная сканирующая калориметрия.

На защиту выносятся:

- Результаты исследований процессов акватации гексанитроиридат(III) в растворе.
- Оптимизированная методика приготовления растворов *гран*-[Ir(H₂O)₃(NO₂)₃] с высокой концентрацией иридия, не содержащих примесей галогенид-ионов или катионов щелочных металлов.
- Данные о реакционной способности *гран*-[Ir(H₂O)₃(NO₂)₃] в процессах обмена лигандов в растворе и результаты исследования его термоллиза в твердой фазе.
- Методики синтеза ряда смешаннолигандных нитрокомплексов иридия(III) и строение полученных соединений.
- Методика приготовления гетерогенных катализаторов Ir_x/g-C₃N₄ окисления воды с использованием *гран*-[Ir(H₂O)₃(NO₂)₃] в качестве предшественника и данные о влиянии условий термической обработки материалов на морфологию получаемых катализаторов и химическое состояние иридия на носителе.
- Экспериментальные данные о каталитической активности и стабильности катализаторов Ir_x/g-C₃N₄ в реакции фотокаталитического окисления воды.

Степень достоверности результатов исследований. Достоверность представленных результатов основывается на высоком методическом уровне проведения работы, согласованности экспериментальных данных, полученных с помощью разных физико-химических методов друг с другом. О признании информативности и значимости основных результатов работы мировым научным сообществом также говорит их публикация в рецензируемых международных журналах.

Результаты могут быть использованы для получения новых смешаннолигандных нитрокомплексов иридия(III) и приготовления иридийсодержащих материалов.

Соответствие специальности 1.4.1. Неорганическая химия. Диссертационная работа соответствует пунктам: 1. Фундаментальные основы получения объектов исследования неорганической химии и материалов на их основе. 2. Дизайн и синтез новых неорганических соединений и особо чистых веществ с заданными свойствами. 5. Взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений. Неорганические наноструктурированные материалы. 7. Процессы комплексообразования и реакционная способность координационных соединений, Реакции координированных лигандов.

Полнота опубликования результатов

Результаты работы опубликованы в виде 3 статей в международных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus. По теме работы в материалах российских и международных конференций опубликованы тезисы 6 докладов.

Статьи в рецензируемых научных журналах:

1. Topchiyan P., Vasilchenko D., Tkachev S., Baidina I., Korolkov I., Sheven D., Berdyugin S., Korenev S. New heteroleptic iridium(III) nitro complexes derived from *fac*-[Ir(NO₂)₃(H₂O)₃] // J. Mol. Struct. 2019. Vol. 1182. P. 100–108.
2. Топчий П.А., Васильченко Д.Б., Ткачев С.В., Байдина И.А., Корольков И.В., Шевень Д.Г., Корнев С.В. Смешаннолигандные нитрокомплексы иридия(III) с фенантролином // ЖСХ. 2019. Т. 60. №.4. С. 666–672.
3. Topchiyan P., Vasilchenko D., Tkachev S., Sheven D., Eltsov I., Asanov I., Sidorenko N., Saraev A., Gerasimov E., Kurenkova A., Kozlova E. Highly Active Visible Light-Promoted Ir/g-C₃N₄ Photocatalysts for the Water Oxidation Reaction Prepared from a Halogen-Free Iridium Precursor // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2022. Vol. 14. № 31. P. 35600–35612.

Материалы диссертационной работы представлены на конференциях:

1. Topchiyan P.A., Vasilchenko D.B., Application of iridium(III) aquanitrocomplexes for the preparation of supported Ir-Ni catalysts for selective decomposition of $N_2H_4 \cdot H_2O$ // 6 International School-Conference on Catalysis for Young Scientists Catalyst Design: From Molecular to Industrial Level. 16-19 May 2021. -Novosibirsk, 2021. P.29.
2. Топчиян П.А., Васильченко Д.Б., Получение и исследование нитроаквакомплексов иридия (III) // XXVIII Международная Чугаевская конференция по Координационной химии. 3–8 октября 2021 г. - с. Ольгинка, 2021. С. 209.
3. Топчиян П.А., Васильченко Д.Б., Исследование *гран*- $[Ir(H_2O)_3(NO_2)_3]$ и его практическое применение в качестве предшественника для гетерогенного катализа. // XIX Международная конференция «Спектроскопия координационных соединений». 18–23 сентября 2022 г. – с. Небуг, 2022. С. 237.
4. Топчиян П.А., Васильченко Д.Б., Получение и исследование нитроаквакомплексов иридия(III) // IV Школа-конференция «Неорганические соединения и функциональные материалы (ICFM-2022)». 27–30 сентября 2022 г. – Новосибирск, 2022. С. 103.
5. Топчиян П.А., Васильченко Д.Б., Исследование акванитрокомплексов иридия(III) // XXIII Международная Черняевская конференция по химии, аналитике и технологии платиновых металлов. 3–7 октября 2022 г. – Новосибирск, 2022. С. 43.
6. Топчиян П.А., Васильченко Д.Б., Получение биметаллических NiIr сплавных частиц с использованием нитро и акванитрокомплексов иридия(III), применение в гетерогенном катализе // XXIII Международная Черняевская конференция по химии, аналитике и технологии платиновых металлов. 3–7 октября 2022 г. – Новосибирск, 2022. С. 163.

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

Ценность научных работ соискателя заключается в получении систематических знаний о процессах гидролиза солей $[Ir(NO_2)_6]^{3-}$ аниона в различных условиях, установлении физико-химических свойств *гран*- $[Ir(NO_2)_3(H_2O)_3]$, получении новых знаний о строении и кристаллических структурах новых смешаннолигандных нитрокомплексах иридия(III). Кроме того, ценность обусловлена разработкой новой экспрессной методики синтеза растворов *гран*- $[Ir(NO_2)_3(H_2O)_3]$, не содержащих примеси щелочных металлов или трудноудаляемых при термической обработке кислотных остатков. В работе продемонстрированы преимущества применения *гран*- $[Ir(NO_2)_3(H_2O)_3]$ в качестве предшественника для изготовления гетерогенных катализаторов. Значимость также подтверждается тем, что материалы работы опубликованы в высокорейтинговых зарубежных журналах.

Решение о рекомендации работы к защите

Автор диссертации Топчиян П.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. Полина Артемьевна самостоятельно решает поставленные научные задачи по исследованию комплексных соединений в растворе и твердой фазе. Топчиян П.А. характеризуется целеустремленностью, настойчивостью, трудолюбием, ответственностью и способностью довести исследование до логического конца. Научные положения и выводы диссертационной работы, выполненной Топчиян П.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: научный руководитель к.х.н. Васильченко Д.Н., рецензент д.х.н. Костин Г.А., д.х.н., профессор Коренев С.В., д.х.н., чл.-к. РАН Федин В.П.

В ходе обсуждения было отмечено, что диссертационная работа Топчиян Полины Артемьевны является важным исследованием, выполненным на высоком современном экспериментальном и теоретическом уровне. Работа является полноценным научным исследованием и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. В ходе работы систематически изучены процессы акватации солей $[\text{Ir}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$ аниона, разработана методика синтеза *гран*- $[\text{Ir}(\text{NO}_2)_3(\text{H}_2\text{O})_3]$, получен ряд новых смешаннолигандных нитрокомплексов иридия(III), а также разработаны и изучены в реакции фотокаталитического окисления воды катализаторы « $\text{Ir}/g\text{-C}_3\text{N}_4$ », полученные с применением *гран*- $[\text{Ir}(\text{NO}_2)_3(\text{H}_2\text{O})_3]$ в качестве предшественника иридия. Соискатель самостоятельно выполнил всю синтетическую часть работы, проводил запись спектров электронного поглощения растворов нитроаквакомплексов иридия, титрометрические исследования, часть каталитических экспериментов, самостоятельно подготовила все образцы для проведения исследований другими методами, также занимался обработкой данных и интерпретацией результатов, полученных широким набором физико-химических методов. Диссертация содержит достаточный объем материала и посвящена процессам образования нитроаквакомплексов иридия, разработке метода синтеза *гран*- $[\text{Ir}(\text{NO}_2)_3(\text{H}_2\text{O})_3]$, исследованию его реакционной способности и изучению его применимости в качестве предшественника для получения новых смешаннолигандных нитрокомплексов иридия и иридийсодержащих функциональных материалов. Опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

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

В качестве замечания высказано пожелание скорректировать доклад.

ПОСТАНОВИЛИ: диссертация «Акванитрокомплексы иридия: получение, свойства и реакционная способность» ТОПЧИЯН ПОЛИНЫ АРТЕМЬЕВНЫ 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 52 человека. Результаты голосования «за» – 52 чел., «против» – нет, «воздержавшиеся» – нет, протокол № 272 от 28 октября 2022 г.

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

Владимир Петрович Федин

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

Евгения Васильевна Макотченко