

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
«Федеральный исследовательский центр  
«Казанский научный центр  
Российской академии наук»,  
доктор физ.-мат. наук, чл.-корр. РАН

А.А. Калачев

« 24 » 02 2025 года

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
«Федеральный исследовательский центр  
«Казанский научный центр Российской академии наук»

Диссертация «Медиаторный электрохимический синтез наночастиц металлов и их нанокомпозитов в объеме раствора» выполнена в лаборатории электрохимического синтеза Института органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» (ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН).

В период подготовки диссертации и по настоящее время Насретдинова Г.Р. работает в лаборатории электрохимического синтеза ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН.

В 2012 году Насретдинова Г.Р. окончила Химический институт им. А.М. Бутлерова Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по специальности «Химия».

В 2015 году окончила аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского научного центра Российской академии наук и успешно защитила в диссертационном совете Д 022.005.02 при ИОФХ им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН диссертацию «Супрамолекулярные системы с электрохимически управляемыми нековалентными взаимодействиями на основе тетравиологеновых каликс[4]резорцинов», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия, под руководством д.х.н. Янилкина В.В.

С 2015 года по 2022 Насретдинова Г.Р. работала младшим научным сотрудником, а с 2022 и по настоящее время работает научным сотрудником лаборатории электрохимического синтеза ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН.

Научный консультант – доктор химических наук Янилкин Виталий Васильевич, старший научный сотрудник лаборатории электрохимического синтеза



ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН.

Диссертация Насретдиновой Г.Р. обсуждалась на заседании расширенного научного семинара ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН по направлению «Физическая и супрамолекулярная химия, кристаллохимия и спектроскопия». (протокол № 1 от 21.01.2025 г.). На заседании присутствовали 45 человек, в их числе члены диссертационного совета 24.1.225.01 при ФИЦ КазНЦ РАН и Ученого совета ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН: д.х.н., профессор Захарова Л.Я., д.х.н., член-корреспондент РАН Карасик А.А., д.х.н. Будникова Ю.Г., д.х.н., профессор Литвинов И.А., д.х.н., профессор Мамедов В.А., д.х.н., доцент Мусина Э.И., д.х.н. Губайдуллин А.Т., д.х.н., доцент Якубов М.Р., д.х.н. Хаматгалимов А.Р., д.х.н. Калинин А.А., д.х.н. Балакина М.Ю., д.х.н., доцент Мустафина А.Р., д.х.н., доцент Соловьева С.Е., д.х.н. Латыпов Ш.К., к.х.н. Торопчина А.В., к.б.н. Волошина А.Д., д.х.н. Газизов А.С., к.б.н. Петров К.А., к.х.н. Лодочникова О.А., к.х.н. Гафуров З. Н., а также другие сотрудники Института.

**При обсуждении диссертации соискателю были заданы следующие вопросы:**

**д.х.н. Хаматгалимов А.Р.:** Покажите, пожалуйста, публикации по теме диссертационной работы?

**д.х.н. Латыпов Ш.К.:** Как пришли к использованию медиаторов? Вообще медиаторы известны? Это какой-то побочный продукт, для которого вы нашли новое приложение?

**д.х.н. Захарова Л.Я.:** Методы, которые были ранее до вас и которые вы покритиковали – они с медиаторами или нет?

Существуют какие-то общепринятые типы медиаторов, которые используются, как вы сказали, в органическом синтезе? Существуют ли классические медиаторы или это всегда какие-то случайные вещества? Вы их проверяли на своих системах? Можно ли сравнить их с вашими медиаторами?

Правомерно ли проводить сравнение катализаторов по константам первого и второго порядков?

Дайте, пожалуйста, определение нанокompозитов. Как вы понимаете нанокompозиты? Ваши образцы что из себя представляют и насколько соответствуют определению нанокompозитов? В вашем случае наноразмерный компонент – это наночастицы металла? К агрегатному состоянию есть какие-то условия для нанокompозитов? Носитель – это что в данном случае? Почему это нанокompозиты?

Наночастицы металлов связываются внутри силикатных наночастиц?

**д.х.н. Будникова Ю.Г.:** Вы берете соль палладия и восстанавливаете (слайд 18). Какой процесс протекает при этом на аноде? Вы специально исследовали это, если говорите об экологичности? Наверное, важно, чтобы противоположная реакция тоже была безвредной? В данном случае разве не хлорид ионы будут окисляться в первую очередь?

Есть группы, которые изучают образование частиц палладия в присутствии разных ионных жидкостей. Например, группа В.А. Милокова. Они берут соли палладия, какие-то длиннохвостые фосфониевые или аммониевые соли, и в результате образуется Pd<sup>0</sup>. Не совсем понятно, почему это происходит. Вы такой



процесс у себя не учитывали? Возможно ли, что такая реакция идет медленно и у вас?

Очень важно всегда содержание катализатора в каталитической системе. Сколько вы его берете? Насколько вы уверены в содержании этого катализатора в этой аликвоте?

**д.х.н. Губайдуллин А.Т.:** Поиск медиаторов – это бесконечный процесс? Можно сколь угодно долго искать органические или неорганические соединения в качестве медиатора, и каждое следующее будет лучше? Или вы какие-то общие выводы делаете, общие критерии выводите? Вы даёте направление остальным, где нужно искать, или вы утверждаете, что ничего больше искать не надо и можно использовать то, что уже найдено вами?

Можно ли медиаторы разбить по группам для определённых металлов: эти для золота, эти для серебра? Или разделить их по получению наночастиц металлов определённого размера: одни медиаторы для получения частиц размером 20-30 нм, а другие для получения частиц только размером 2-3 нм? Можно ли делать прогнозы в ряду соединений, отличающихся только заместителями?

Сер – что это? Обсуждается ли в вашей работе различие в потенциалах восстановления разных металлокомплексов? Схожие комплексы с разными металлами: один восстанавливается при 0, а другой при -0.5 В. Роль лиганда, металла?

С какой целью вы используете буферную соль?

**д.х.н. Якубов М.Р.** Для *n*-нитрофенола вами представлены результаты в сравнении с какими-то ранее опубликованными наночастицами. Они хотя бы используются в реальных процессах?

Сравнение с реальным рабочим процессом было проведено или нет? В выводах эти результаты отразились?

**д.х.н. Мусина Э.И.:** Что означает 91% выход бифенила, а остальное — это что? Образовалось что-то другое? Вы это изучали или не изучали? Или вы только об ускорении реакции говорите?

**д.х.н. Мамедов В.А.:** Как идет восстановление *n*-нитрофенола? Сколько групп NO<sub>2</sub> восстанавливается до аминогрупп? Первый электрон куда идет? Какая среда в вашей реакции? Откуда берется при этом протон?

Покажите ваши УФ-спектры, пожалуйста. На кривых справа у вас полоса от нитрогруппы? А слева полоса анилина? Вы выделяли такое соединение? Почему вы взяли именно нитрофенол? А не нитробензол?

Чтобы усилить медиаторную способность соединений, что можно сделать?

**д.х.н. Калинин А.А.:** Какие недостатки у химических методов получения? какие направления практического применения открываются для наночастиц, полученных электрохимическим способом в объеме раствора? Почему в цели работы отсутствует слово «электрохимия», хотя ваша работа исключительно электрохимическая?

**д.х.н. Подъячев С.Н.:** Что дает введение четырех виологеновых заместителей на каликсрезорцин, какие особенности? Заместители у каликсрезорцина на нижнем ободе разные? Вы про их влияние в работе говорите или нет?

Количество заместителей как влияет? Зачем нужно четыре виологеновых фрагмента? Может достаточно одного заместителя на верхнем ободе каликсрезорцина?

Есть ли влияние фоновой соли на процесс, на образование коллоидов?



Метилвиологен не может сам переносить заряды? Почему он не может работать без фоновой соли?

На все поставленные вопросы соискатель дал исчерпывающие ответы.

**Рецензия д.х.н., профессора А.Ф. Дресвянникова (КНИТУ):**

Диссертационная работа **Насретдиновой Гульназ Рашитовны** выполнена в Институте органической и физической химии имени А.Е. Арбузова – обособленном структурном подразделении Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук».

Диссертация изложена на 336 страницах текста, состоит из введения, 3 глав, заключения, списка цитированной литературы, включающего 642 наименования, приложения, содержит 165 рисунков, 23 таблицы.

Во введении обоснована актуальность изучения закономерностей формирования структуры наночастиц с использованием электролиза неводных и смешанных растворов, сформулированы цель и задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели. Отмечены результаты работы, указывающие на её научную новизну и практическую значимость.

В первой главе представлен подробный анализ литературных источников, в которых рассматриваются основные методы получения наночастиц металлов с акцентом на электрохимические способы. Описаны основные методы исследования, позволяющие с высокой степенью достоверности характеризовать наночастицы с позиций их состава, структуры и морфологии, проанализирована возможность применения указанных наночастиц в качестве катализаторов реакций восстановления *n*-нитрофенола и кросс-сочетания Сузуки.

Во втором разделе главы описаны основные подходы по медиаторному электрохимическому синтезу, включая результаты экспериментальных исследований с применением разработанного метода. Кроме того, рассмотрены все соединения, использованные в качестве медиаторов электрохимического восстановления прекурсоров наночастиц металлов, описаны эксперименты с применением ЦВА-исследований медиаторного процесса и электросинтеза монометаллических наночастиц. Результаты исследований, а также характеристики монометаллических наночастиц представлены в разделе 3. Отдельно приведено описание медиаторного синтеза биметаллических наночастиц, нанокompозитов на основе наночастиц с различными носителями, а также приемы получения наночастиц в несмешивающихся жидкостях. В отдельной третьей главе описаны результаты исследований каталитических свойств металлсодержащих наносистем в реакциях восстановления *n*-нитрофенола и кросс-сочетания Сузуки-Мияуры.

Каждая глава заканчивается выводами. В конце диссертации имеется заключение по работе в целом.

По объёму, структуре, содержанию, научной новизне и практической значимости работа соответствует требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора химических наук.

Актуальность темы диссертации. Использование наночастиц металлов в качестве катализаторов процессов химической отрасли и энергетики, веществ адресной доставки лекарств в медицине, материалов датчиков в электронной



промышленности, специфических реагентов обнаружения и определения в аналитической практике и пр. позволяет значительно повысить эффективность процессов, сократить производство отходов, вредные выбросы в атмосферу. Одним из способов получения наночастиц металлов является химическое и электрохимическое восстановление, интерес к которому в последнее время возрос в связи с относительной простотой технологического оформления, доступностью, высокой эффективностью. Направлением совершенствования технологии электрохимического получения наночастиц металлов является решение проблемы утилизации образующихся побочных продуктов и отходов, а также предотвращение адсорбции формирующихся частиц на поверхности электродов. В этой связи поставленная в работе Насретдиновой Г.Р. цель – разработка научных основ нового эффективного, экологически привлекательного, удобного и простого способа количественного получения наночастиц металлов и их нанокомпозитов в объеме электролита, а также оценка влияния структурных характеристик на каталитические свойства частиц – является, несомненно, актуальной.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Разработаны научные основы нового метода электрохимического синтеза наночастиц металлов и их композитов в растворе. Представленные результаты демонстрируют универсальность, эффективность и экологическую привлекательность метода. Использование медиатора позволило практически исключить адсорбцию металла на электроде и обеспечить формирование наночастиц металлов в объеме раствора. Применение медиаторов позволяет проводить электрохимическое восстановление нерастворимых и малорастворимых солей металлов, прекурсоров металлов, инкапсулированных в мицеллах или иммобилизованных на неподвижных носителях. Разработана безотходная технология получения наночастиц металлов и их нанокомпозитов, основанная на медиаторном восстановлении ионов металлов, генерированных *in situ* в результате анодного растворения металла при бездиафрагменном электролизе. Охарактеризованы и исследованы каталитические свойства наночастиц металлов и их нанокомпозитов в реакциях восстановления *n*-нитрофенола и кросс-сочетания Сузуки-Мияуры.

Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов. Насретдиновой Г.Р. получены результаты, представляющие значимость для науки в области синтеза наночастиц металлов электрохимическим методом с использованием веществ-медиаторов. Такой подход позволяет реализовать практически безотходные приемы получения наноразмерных частиц.

К практически важным результатам работы следует отнести приемы медиаторного синтеза наночастиц металлов, позволяющие реализовать предлагаемый автором медиаторный синтез, характеризуемый экологической и экономической привлекательностью.

Рекомендации по расширенному использованию материалов диссертации. Результаты диссертационной работы представляют интерес для специалистов в области химических источников тока (ООО «АГС» (Адсорбционные газовые системы), НПО «Центротех», ООО «Химэнерго», АО «Уралхиммаш», а также преподавателей и сотрудников высших учебных заведений, осуществляющих научные исследования и подготовку специалистов в области электролиза воды, химических источников тока и нанесения покрытий (Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН



(г. Черноголовка), Казанский государственный национальный исследовательский университет (г. Казань); Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева (г. Москва), Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург), Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (г. Новочеркасск), Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений. Надёжность полученных автором и представленных в диссертации данных основывается на применении комплекса современных электрохимических (хронопотенциометрия, линейная вольтамперометрия, циклическая вольтамперометрия) и физических (рентгеноструктурный анализ, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, электронная микроскопия, энергодисперсионный анализ, гравиметрические и волюметрические измерения) методов с использованием современного оборудования. Анализ данных проводился с применением методов математической статистики.

Результаты работы были представлены и обсуждены на конференциях разного уровня, в т.ч. на X Фрумкинском симпозиуме по электрохимии (Москва, 2015 г.) и др. международных конференциях. Работа поддержана грантами РФФИ и РНФ.

Положения, выносимые на защиту, вполне обоснованы, а цель исследования, поставленная автором, достигнута. Диссертационная работа включает достаточное количество исходных данных, содержит необходимые пояснения, рисунки и таблицы. Материал изложен последовательно, чётко структурирован и аккуратно оформлен. Заключение и выводы, сделанные автором по материалам диссертации, полностью основываются на результатах теоретических и экспериментальных исследований.

Несмотря на общее хорошее впечатление, которое производит работа Насретдиновой Г.Р., по содержанию диссертации имеются следующие замечания и вопросы:

1. В некоторых случаях упоминается о протекающих на электродах процессах образования новой фазы (твёрдой и газообразной). Как это согласуется с поставленными автором задачами получения высокодисперсных продуктов исключительно в объеме электролита?

2. Насколько точно проведена интерпретация характерных участков на циклических вольтамперных зависимостях и существуют ли оценки этих результатов независимыми методами?

3. Насколько стабильны в условиях внешнего электромагнитного поля применяемые автором медиаторы?

4. В некоторых случаях размер синтезируемых наночастиц составляет 2, 4 и т.д. нм. Можно ли считать эти образования кристаллическими структурами?

5. Каковы причины утраты стабильности в некоторых случаях коллоидных систем? Игрет ли здесь роль изменение заряда поверхности и измерялись ли в этом случае соответствующие характеристики, например,  $\xi$  – потенциал?

6. Термин «диспергирование», как правило, не применяется в отношении анодно растворяющихся металлов.

7. Есть замечания по оформлению. Экспериментальные точки на рисунках 9, 21, 31 соединены ломаными линиями, в то время как на других (рис. 10, 19а, 29) соединение точек осуществлено плавными линиями. Возможно, стоило



придерживаться единого стиля при оформлении рисунков. На рисунке 18б рассчитанные по модели и экспериментальные значения общей пористости изображены с помощью маркеров, что несколько затрудняет его восприятие.

Заключение. Отмеченные недостатки не затрагивают существа теоретических и практических результатов работы и не снижают её ценности как серьезного научного исследования. Диссертационная работа Насретдиновой Г.Р. по экспериментальному уровню, научной новизне и практической значимости отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям. Материалы диссертации достаточно полно представлены в опубликованных статьях и апробированы на различных международных конференциях. Полученные результаты полностью соответствуют заявленным в работе целям и задачам. Представленный вариант автореферата отражает основное содержание и выводы диссертации.

Диссертационная работа Насретдиновой Г.Р. на тему «Медиаторный электрохимический синтез наночастиц металлов и их нанокомпозитов в объеме раствора» соответствует паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия (п.1. Экспериментально-теоретическое определение энергетических и структурно-динамических параметров строения молекул и молекулярных соединений, а также их спектральных характеристик; 5. Изучение физико-химических свойств изолированных молекул и молекулярных соединений при воздействии на них внешних электромагнитных полей, потока заряженных частиц, а также экстремально высоких/низких температурах и давлениях; п.6. Химические превращения, потоки массы, энергии и энтропии пространственных и временных структур в неравновесных системах; п.7. Макрокинетика, механизмы сложных химических процессов, физико-химическая гидродинамика, растворение и кристаллизация; п.9. Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической реакции).

Таким образом, диссертационная работа Насретдиновой Г.Р. на тему: «Медиаторный электрохимический синтез наночастиц металлов и их нанокомпозитов в объеме раствора» является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные решения проблемы направленного синтеза наночастиц металлов, нанокомпозитов на их основе, а также регулирования их структурных и каталитических свойств путем изменения условий и режима электролиза, имеющие важное значение для химии и химической технологии, а именно, для теории и практики электрохимических процессов, и отвечает требованиям пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в последней редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Насретдинова Гульназ Рашитовна заслуживает возможности представления работы «Медиаторный электрохимический синтез наночастиц металлов и их нанокомпозитов в объеме раствора» к защите на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

**С поддержкой и рекомендациями выступили:** д.х.н. Будникова Ю.Г., д.х.н. Мусина Э.И., д.х.н. Латыпов Ш.К., д.х.н. Захарова Л.Я. В выступлениях отмечены актуальность работы, ее новизна, оригинальность, объем проведенных экспериментальных работ, количество публикаций, соответствие диссертанта



искомой степени доктора химических наук. Даны рекомендации по представлению результатов работы, оформлению вводной части и раздела по исследованию каталитических свойств наночастиц, формулировкам выводов диссертационной работы.

По итогам обсуждения принято следующее **Заключение**.

### **Работа актуальна**

Металлические наночастицы относятся к числу наиболее привлекательных продуктов нанотехнологий с точки зрения практического применения, поэтому их исследованию уделяется большое внимание. Эти нанообъекты представляют потенциальный интерес для широкого ряда направлений, основными из которых являются катализ, энергетика, сенсорика, медицина, электроника. Скорость и размах внедрения наночастиц металлов в современную науку и промышленность всецело зависят от уровня развития методов их получения. Несмотря на наличие большого разнообразия способов лабораторного синтеза, перед исследователями все еще стоит задача разработки эффективных, экономически и экологически привлекательных, простых и масштабируемых методов получения наночастиц металлов. Диссертационная работа направлена на решение такой актуальной проблемы современности.

### **Работа обладает научной новизной и имеет практическую значимость**

В диссертационной работе представлены научные основы нового оригинального электрохимического способа получения наночастиц металлов и их нанокомпозитов в растворе. Впервые электрохимический синтез наночастиц металлов был осуществлен в объеме раствора с использованием медиаторов. Универсальность, эффективность и экологическая привлекательность метода были продемонстрированы на примере получения стабилизированных наночастиц широкого ряда металлов (Pd, Ag, Au, Pt, Rh, Co, Cu). Функциональность метода позволяет получать и биметаллические (Pd+Ag, Pd+Rh, Pd+Au) наночастицы. С использованием разработанного метода также были получены нанокомпозиты монометаллических и биметаллических наночастиц с алкиламино-модифицированными силикатными наночастицами, с тетравиологеновыми каликс[4]резорцинами, циклобис(параquat-*n*-фениленом), полимерными наночастицами, представляющими собой сополимер тетравиологенового каликсрезорцина со стиролом, наноцеллюлозой, фуллеренами, оксидами Cu и оксидо-гидроксидами Fe, Zn, Ti, Co, Al.

- В диссертационной работе обозначены следующие критерии выбора соединения в качестве медиатора: 1) восстановление медиатора протекает химически обратимо в доступной области потенциалов; 2) равновесный потенциал редокс пары Med<sub>ox</sub>/Med<sub>red</sub> имеет более отрицательное значение, чем равновесный потенциал редокс-пары (M<sup>Z+</sup>/(M<sup>0</sup>)<sub>n</sub>); 3) медиатор и его восстановленная форма не адсорбируются на поверхности электрода. Данные критерии позволили впервые использовать в качестве медиаторов электровосстановления ионов металлов для синтеза наночастиц металлов соединения различного типа: метилвиологен (MV<sup>2+</sup>), тетравиологеновые каликсрезорцины (MVCA-C<sub>n</sub><sup>8+</sup>), полимерную наночастицу, представляющую собой сополимер тетравиологенового каликсрезорцина со стиролом



*p*(MVCA<sup>8+</sup>-co-St), циклобис(параquat-*n*-фенилен) (CBPQT<sup>4+</sup>), молекулярный кислород, антрацен, фуллерены (C<sub>60</sub>, C<sub>70</sub>, 61-бис(аллил)-61(карбонил)метано[60]фуллерен (MF), N-метил-2-(3,5-ди-трет-бутил-4-гидроксифенил)фуллерено-C<sub>60</sub>-[1,2-с]пирролидин (FP)), металлокомплексы ([Co(bipy)<sub>3</sub>]<sup>3+</sup>, [Co(ser)<sub>3</sub>]<sup>3+</sup> и [Cr(bipy)<sub>3</sub>]<sup>3+</sup>) и бензимидазо[1',2':1,2]хинолино[4,3-b][1,2,5]оксодиазоло[3,4-f]хиноксалин.

- В диссертационной работе впервые продемонстрированы и реализованы 1) безотходный способ получения наночастиц Pd, Ag, Co, Cu и их нанокompозитов путем проведения медиаторного электровосстановления ионов металлов, генерированных *in situ* в результате анодного растворения массивного металла в условиях бездиафрагменного электролиза; 2) двухстадийный электросинтез нанокompозитов наночастиц Pd, Ag, Au с оксидами (Cu<sub>2</sub>O) и оксидо-гидроксидами металлов Co(II), Fe(II), Zn(II), Al(III), Ti(IV); 3) медиаторные электросинтезы наночастиц Ag в двухфазных системах жидкость- жидкость.
- Впервые исследованы и охарактеризованы каталитические свойства наночастиц металлов и их нанокompозитов, полученных методом медиаторного электрохимического синтеза, в реакциях восстановления *n*-нитрофенола и кросс-сочетания Сузуки-Мияуры. Показано, что каталитическая активность определяется прежде всего природой металла, носителя НЧ металлов, природой и концентрацией стабилизатора, размером и степенью агрегированности полученных НЧ. Определены стратегии повышения каталитической активности наноструктур различных металлов, получаемых методом медиаторного электрохимического синтеза.

#### **Ценность научных работ соискателя**

В диссертационной работе разработаны научные основы нового эффективного и экологически привлекательного способа получения наночастиц металлов и их нанокompозитов в объеме раствора. Эффективность, универсальность, простота проведения синтеза, высокая скорость процесса, низкая вероятность загрязнения поверхности наночастиц металлов, экологическая привлекательность метода, заключающаяся в безотходном или малоотходном получении наночастиц, в возможности многократного использования компонентов реакционной системы позволяют рассматривать предложенный метод медиаторного электрохимического синтеза как основу для создания технологии производства металлсодержащих наноструктур.

В работе продемонстрировано, что полученные методом медиаторного электрохимического синтеза наночастицы металлов и их нанокompозиты могут быть использованы в качестве эффективных катализаторов в реакциях восстановления *n*-нитрофенола и кросс-сочетания Сузуки-Мияуры, проводимых в водных средах и при комнатной температуре.

#### **Оценка достоверности результатов исследования**

Достоверность полученных результатов подтверждается большим объемом проведенных исследований с применением современных экспериментальных методов, воспроизводимостью и согласованностью данных, широкой апробацией. Возможность осуществления медиаторного электросинтеза наночастиц металлов доказывали методами циклической вольтамперометрии и проведением препаративных электросинтезов. Состав и структура полученных наночастиц была



доказана с использованием методов циклической вольтамперометрии, спектроскопии УФ и видимой области, динамического светорассеяния, атомно-силовой микроскопии, сканирующей электронной микроскопии, просвечивающей электронной микроскопии, сканирующей трансмиссионной электронной микроскопии, энерго-дисперсионной спектроскопии, порошковой рентгеновской дифракции, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, теоретическими расчетами. Кинетику каталитической реакции восстановления *n*-нитрофенола исследовали с использованием спектроскопии УФ и видимой области, в реакции кросс-сочетания конверсию исходных реагентов контролировали методом <sup>1</sup>H ЯМР спектроскопии.

#### Личное участие соискателя

Первые экспериментальные результаты, которые привели к появлению материала диссертационной работы, были получены при участии автора в 2013 г. во время учебы в аспирантуре под руководством д.х.н. Янилкина В.В. В дальнейшем автор принимал участие в разработке методологии исследования, постановке задач, планировании экспериментальных работ и их выполнении, интерпретации и обсуждении полученных результатов и их оформлении, написании и опубликовании статей. Все представленные в диссертации результаты получены автором лично, либо при его непосредственном участии.

#### Основные результаты работы изложены в следующих публикациях:

1. Yanilkin, V.V. Tetraviologen calix[4]resorcine as a mediator of the electrochemical reduction of  $[PdCl_4]^{2-}$  for the production of Pd<sup>0</sup> nanoparticles / V.V. Yanilkin, **G.R. Nasybullina**<sup>1</sup>, A.Yu. Ziganshina, I.R. Nizamiev, M.K. Kadirov, D.E. Korshin, A.I. Kononov // Mendeleev Commun. – 2014. – Vol. 24. – P. 108–110 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
2. Янилкин, В.В. Метилвиологен и тетравиологеновый каликс[4]резорцин — медиаторы электрохимического восстановления  $[PdCl_4]^{2-}$  с образованием мелкодисперсного Pd<sup>0</sup> / В.В. Янилкин, **Г.Р. Насыбуллина**, Э.Д. Султанова, А.Ю. Зиганшина, А.И. Коновалов // Изв. АН Сер. Хим. – 2014. – № 6. – С. 1409–1415 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
3. **Nasretdinova, G.R.** Electrochemical synthesis of silver nanoparticles in solution / **G.R. Nasretdinova**, R.R. Fazleeva, R.K. Mukhitova, I.R. Nizameev, M.K. Kadirov, A.Yu. Ziganshina, V.V. Yanilkin // Electrochem. Commun. – 2015. – Vol. 50. – P. 69–72 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
4. Yanilkin, V.V. Anthracene mediated electrochemical synthesis of metallic cobalt nanoparticles in solution / V.V. Yanilkin, **G.R. Nasretdinova**, Y.N. Osin, V.V. Salnikov // Electrochim. Acta – 2015. – Vol. 168. – P. 82–88 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
5. Yanilkin, V.V. Methylviologen mediated electrochemical reduction of AgCl – A new route to produce a silica core/Ag shell nanocomposite material in solution / V.V. Yanilkin, N.V. Nastapova, **G.R. Nasretdinova**, R.R. Fazleeva, A.V. Toropchina, Y.N. Osin // Electrochem. Commun. – 2015. – Vol. 59. – P. 60–63 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
6. Fedorenko, S. Surface decoration of silica nanoparticles by Pd(0) deposition for catalytic application in aqueous solutions / S. Fedorenko, M. Jilkin, N. Nastapova, V. Yanilkin, O. Bochkova, V. Buriliov, I. Nizameev, **G. Nasretdinova**, M. Kadirov, A. Mustafina,

---

<sup>1</sup> Фамилия была изменена 11.10.2014 с Насыбуллиной на Насретдинову.



- Yu. Budnikova // Colloids Surf., A.– 2015. – Vol. 486. – P. 185–191 (К-1 ВАК, Wos/Scopus).
7. Янилкин, В.В. Медиаторный электрохимический синтез наночастиц палладия в растворе / В.В. Янилкин, Н.В. Настапова, **Г.Р. Насретдинова**, Р.К. Мухитова, А.Ю. Зиганшина, И.Р. Низамеев, М.К. Кадиров // Электрохимия – 2015. – Т. 51. – С. 1077–1089 (К-2 ВАК, Wos/Scopus).
  8. **Насретдинова, Г.Р.** Медиаторный электрохимический синтез наночастиц серебра в объеме раствора / **Г.Р. Насретдинова**, Р.Р. Фазлеева, Р.К. Мухитова, И.Р. Низамеев, М.К. Кадиров, А.Ю. Зиганшина, В.В. Янилкин // Электрохимия – 2015. – Т. 51. – С. 1164–1176 (К-2 ВАК, Wos/Scopus).
  9. Yanilkin, V.V. Methylviologen mediated electrosynthesis of gold nanoparticles in the solution bulk / V.V. Yanilkin, N.V. Nastapova, **G.R. Nasretdinova**, S.V. Fedorenko, M.E. Jilkin, A.R. Mustafina, A.T. Gubaidullin, Y.N. Osin // RSC Adv. – 2016. – Vol. 6. – P. 1851-1859 (К-1 ВАК, Wos/Scopus).
  10. **Nasretdinova, G.R.** Methylviologen mediated electrosynthesis of palladium nanoparticles stabilized with CTAC / G.R. Nasretdinova, Y.N. Osin, A.T. Gubaidullin, V.V. Yanilkin // J. Electrochem. Soc. – 2016. – Vol. 163. – P. G99-G106 (К-1 ВАК, Wos/Scopus).
  11. Yanilkin, V.V. The role of solvent in methylviologen mediated electrosynthesis of silver nanoparticles stabilized with polyvinylpyrrolidone / V.V. Yanilkin, R.R. Fazleeva, **G.R. Nasretdinova**, N.V. Nastapova, Y.N. Osin // Butlerov Commun. – 2016. – Vol. 46. – P. 128-144 (К-2 ВАК).
  12. Янилкин, В.В. Электрохимический синтез нанокompозита наночастиц палладия с полимерной виологенсодержащей нанокapsулой / В.В. Янилкин, Н.В. Настапова, Э.Д. Султанова, **Г.Р. Насретдинова**, Р.К. Мухитова, А.Ю. Зиганшина, И.Р. Низамеев, М.К. Кадиров // Изв. АН Сер. Хим. – 2016. – № 1. – С. 125-132 (К-1 ВАК, Wos/Scopus).
  13. Yanilkin, V.V. Molecular oxygen as a mediator in the electrosynthesis of gold nanoparticles in DMF / V.V. Yanilkin, N.V. Nastapova, **G.R. Nasretdinova**, R.R. Fazleeva, Y.N. Osin // Electrochem. Commun. – 2016. – Vol. 69. – P. 36-40 (К-1 ВАК, Wos/Scopus).
  14. **Насретдинова, Г.Р.** Метилвиологен-медиаторный электрохимический синтез наночастиц серебра восстановлением наносфер AgCl, стабилизированных хлоридом цетилтриметиламмония / **Г.Р. Насретдинова**, Р.Р. Фазлеева, Ю.Н. Осин, А.Т. Губайдуллин, В.В. Янилкин // Электрохимия – 2017. – Т. 53. – С. 31-45 (К-2 ВАК, Wos/Scopus).
  15. Yanilkin, V.V. Fullerene mediated electrosynthesis of Au/C<sub>60</sub> nanocomposite / V.V. Yanilkin, N.V. Nastapova, **G.R. Nasretdinova**, Y.N. Osin, A.T. Gubaidullin // ECS J. Solid State Sci. Technol. – 2017. – Vol. 6. – P. M19-M23 (К-1 ВАК, Wos/Scopus).
  16. Янилкин, В.В. Метилвиологен-медиаторный электрохимический синтез наночастиц платины в объеме раствора / В.В. Янилкин, Н.В. Настапова, **Г.Р. Насретдинова**, Р.Р. Фазлеева, С.В. Федоренко, А.Р. Мустафина, Ю.Н. Осин // Электрохимия – 2017. – Т. 53. – С. 578-591 (К-2 ВАК, Wos/Scopus).
  17. Yanilkin, V.V. Electrosynthesis of gold nanoparticles mediated by methylviologen using a gold anode in single compartment cell / V.V. Yanilkin, N.V. Nastapova, **G.R. Nasretdinova**, Y.N. Osin // Mendeleev Commun. – 2017. – Vol. 27. – P. 274-277 (К-1 ВАК, Wos/Scopus).



18. Yanilkin, V.V. Fullerene-mediated electrosynthesis of Ag-C<sub>60</sub> nanocomposite in a water-organic two-phase system / V.V. Yanilkin, N.V. Nastapova, **G.R. Nasretdinova**, R.R. Fazleeva, A.I. Samidullina, A.T. Gubaidullin, Y.V. Ivshin, V.G. Evtugin, Y.N. Osin // Mendeleev Commun. – 2017. – Vol. 27. – P. 577-579 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
19. Yanilkin, V.V. Mediated electrosynthesis of nanocomposites: Au nanoparticles in matrix of C<sub>70</sub> and some derivatives of C<sub>60</sub> fullerene / V.V. Yanilkin, N.V. Nastapova, **G.R. Nasretdinova**, G.M. Fazleeva, L.N. Islamova, Y.N. Osin, A.T. Gubaidullin // ECS J. Solid State Sci. Technol. – 2017. – Vol. 6. – P. M143-M151 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
20. Yanilkin, V.V. Fullerene mediated electrosynthesis of silver nanoparticles in toluene-DMF / V.V. Yanilkin, R.R. Fazleeva, **G.R. Nasretdinova**, N.V. Nastapova, Y.N. Osin // ECS J. Solid State Sci. Technol. – 2018. – Vol. 7. – P. M55-M62 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
21. Янилкин, В.В. Молекулярный кислород в роли медиатора при электросинтезе наночастиц металлов в *N,N*-диметилформамиде / В.В. Янилкин, Н.В. Настапова, Р.Р. Фазлеева, **Г.Р. Насретдинова**, Э.Д. Султанова, А.Ю. Зиганшина, А.Т. Губайдуллин, А.И. Самигуллина, В.Г. Евтюгин, В.В. Воробьев, Ю.Н. Осин // Электрохимия – 2018. – Т. 54. – С. 307-326 (**К-2** ВАК, Wos/Scopus).
22. Янилкин, В.В. Электрохимический синтез наночастиц металлов с использованием полимерного медиатора, восстановленная форма которого адсорбируется (осаждается) на электроде / В.В. Янилкин, Н.В. Настапова, Р.Р. Фазлеева, **Г.Р. Насретдинова**, Э.Д. Султанова, А.Ю. Зиганшина, А.Т. Губайдуллин, А.И. Самигуллина, В.Г. Евтюгин, В.В. Воробьев, Ю.Н. Осин // Изв. АН Сер. Хим. – 2018. – № 2. – С. 215-229 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
23. Янилкин, В.В. Исследование комплексов кобальта(III) и хрома(III) в качестве медиатора при электросинтезе наночастиц серебра в водной среде / В.В. Янилкин, Р.Р. Фазлеева, Н.В. Настапова, **Г.Р. Насретдинова**, А.Т. Губайдуллин, Ю.Н. Осин // Электрохимия – 2018. – Т. 54. – С. 747-762 (**К-2** ВАК, Wos/Scopus).
24. **Nasretdinova, G.R.** Methylviologen mediated electrochemical synthesis of catalytically active ultrasmall bimetallic PdAg nanoparticles stabilized by CTAC / **G.R. Nasretdinova**, R.R. Fazleeva, Y.N. Osin, V.G. Evtugin, A.T. Gubaidullin, A.Yu. Ziganshina, V.V. Yanilkin // Electrochim. Acta. – 2018. – Vol. 285. – P. 149-163 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
25. Янилкин, В.В. Медиаторный электрохимический синтез наночастиц металлов / В.В. Янилкин, **Г.Р. Насретдинова**, В.А. Кокорекин // Успехи химии – 2018. – Т. 87. – P. 1080-1110 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
26. Yanilkin, V.V. Methylviologen mediated electrosynthesis of silver nanoparticles in a water medium. Effect of chain length and concentration of poly(*N*-vinylpyrrolidone) on particle size / V.V. Yanilkin, R.R. Fazleeva, **G.R. Nasretdinova**, N.V. Nastapova, Y.N. Osin // New Mat., Compd. and Appl. – 2018. – Vol. 2. – P. 28-41 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
27. Yanilkin, V.V. Structure and catalytic activity of ultrasmall Rh, Pd and (Rh + Pd) nanoparticles obtained by mediated electrosynthesis / V.V. Yanilkin, N.V. Nastapova, **G.R. Nasretdinova**, Y.N. Osin, V.G. Evtjugin, A.Yu. Ziganshina, A.T. Gubaidullin // New J. Chem. – 2019. – Vol. 43. – P. 3931-3945 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
28. Фазлеева, Р.Р. Медиаторный электросинтез наночастиц серебра в двухфазной системе вода – изооктан / Р.Р. Фазлеева, **Г.Р. Насретдинова**, Ю.Н. Осин, В.В. Янилкин // Изв. АН Сер. Хим. – 2019. – № 8. – С. 1525–1531 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).



29. Фазлеева, Р.Р. Двухстадийный электросинтез и каталитическая активность наночастиц Ag, Au, Pd на носителе из  $\text{CoO}-\text{CoO}\cdot x\text{H}_2\text{O}$  / Р.Р. Фазлеева, Г.Р. **Насретдинова**, Ю.Н. Осин, А.Ю. Зиганшина, В.В. Янилкин // Изв. АН Сер. Хим. – 2020. – № 2. – С. 241-254 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
30. Янилкин, В.В. Бензимидазо[1',2':1,2]хинолино[4,3-b][1,2,5]оксодиазоло[3,4-f]хиноксалин – новый медиатор для электросинтеза наночастиц металлов / В.В. Янилкин, Р.Р. Фазлеева, Г.Р. **Насретдинова**, Ю.Н. Осин, Н.А. Жукова, В.А. Мамедов // Электрохимия – 2020. – Т. 56. – С. 710–725 (**К-2** ВАК, Wos/Scopus).
31. Nastarova, N.V. Two-step mediated electrosynthesis and catalytic activity of Au/Cu<sub>2</sub>O@poly(N-vinylpyrrolidone) nanocomposite / N.V. Nastarova, **G.R. Nasretdinova**, Y.N. Osin, A.T. Gubaidullin, V.V. Yanilkin // ECS Journal of Solid State Science and Technology – 2020. – Vol. 9. – P. 061007 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
32. Fazleeva, R.R. CoO–xCo(OH)<sub>2</sub> supported silver nanoparticles: electrosynthesis in acetonitrile and catalytic activity / R.R. Fazleeva, **G.R. Nasretdinova**, Y.N. Osin, A.I. Samigullina, A.T. Gubaidullin, V.V. Yanilkin // Mendeleev Commun. – 2020. – Vol. 30. – P. 456–458 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
33. Yanilkin, V.V. Two-step one-pot electrosynthesis and catalytic activity of xCoO–yCo(OH)<sub>2</sub>-supported silver nanoparticles / V.V. Yanilkin, R.R. Fazleeva, **G.R. Nasretdinova**, Y.N. Osin, A.T. Gubaidullin, A.Yu. Ziganshina // J. Solid State Electrochem. – 2020. – Vol. 24. – P. 829–842 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
34. Fazleeva, R.R. An effective producing method of nanocomposites of Ag, Au, and Pd nanoparticles with poly(N-vinylpyrrolidone) and nanocellulose / R.R. Fazleeva, **G.R. Nasretdinova**, Y.N. Osin, A.I. Samigullina, A.T. Gubaidullin, V.V. Yanilkin // Electrocatalysis – 2021. – Vol. 12. – P. 225-237 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
35. Янилкин, В.В. Медиаторный электросинтез и каталитическая активность нанокомпозитов наночастиц металлов с поли(N-винилпирролидоном) и наноцеллюлозой / В.В. Янилкин, Р.Р. Фазлеева, Г.Р. **Насретдинова**, Ю.Н. Осин, Н.А. Жукова, А.И. Самигуллина, А.Т. Губайдуллин, В.А. Мамедов // Электрохимия – 2021. – Т. 57. – С. 34-46 (**К-2** ВАК, Wos/Scopus).
36. Фазлеева, Р.Р. Электрохимический способ получения глобул ультрамалых наночастиц родия с поли(N-винилпирролидоном) на поверхности волокон наноцеллюлозы / Р.Р. Фазлеева, Г.Р. **Насретдинова**, Ю.Н. Осин, А.Т. Губайдуллин, В.В. Янилкин // Изв. АН. Сер. хим. – 2021. – № 10. – С. 1908-1916 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
37. Fazleeva, R.R. The two-step electrosynthesis of nanocomposites of Ag, Au, and Pd nanoparticles with iron(II) oxide-hydroxide / R.R. Fazleeva, **G.R. Nasretdinova**, A.T. Gubaidullin, V.G. Evtugin, V.V. Yanilkin // New J. Chem. – 2022. – Vol. 46. – P. 2380-2392 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
38. Fazleeva, R.R. Electrosynthesis of nanocomposites of Ag, Au, Pd nanoparticles with aluminum(III), zinc(II), and titanium(IV) oxide-hydroxides / R.R. Fazleeva, **G.R. Nasretdinova**, V.G. Evtugin, A.T. Gubaidullin, V.V. Yanilkin // J. Solid State Electrochem. – 2022. – Vol. 26. – P. 2271–2285 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
39. **Nasretdinova, G.R.** Cyclobis(paraquat-*p*-phenylene) – mediated electrosynthesis of new-type nanocomposite of palladium nanoparticles with designated macrocyclic organic compound / **G.R. Nasretdinova**, R.R. Fazleeva, A.V. Yanilkin, I.V. Yanilkin, A.T. Gubaidullin, V.G. Evtugin, E.E. Mansurova, A.Y. Ziganshina, V.V. Yanilkin // Electrochim. Acta – 2022. – Vol. 434. – Art. ID. 141271 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).



40. **Насретдинова, Г.Р.** Циклобис(параquat-*n*-фенилен)-медиаторный, электросинтез наночастиц серебра / **Г.Р. Насретдинова**, Р.Р. Фазлеева, А.В. Янилкин, А.Т. Губайдуллин, Э.Т. Сираева, Э.Э. Мансурова, А.Ю. Зиганшина, В.В. Янилкин // *Электрохимия* – 2023. – Т. 59. – С. 559–578 (**К-2** ВАК, Wos/Scopus).
41. Фазлеева, Р.Р. Электросинтез каталитически активных наноконкомпозитов Pd-Cu и Pd-Au биметаллических наночастиц с поли(N-винилпирролидоном и наноцеллюлозой // Р.Р. Фазлеева, **Г.Р. Насретдинова**, В.Г. Евтюгин, А.Т. Губайдуллин, В.В. Янилкин // *Электрохимия*. – 2023. – Т. 59. – С. 867–886 (**К-2** ВАК, Wos/Scopus).
42. **Nasretdinova, G.R.** Mediated electrosynthesis of nanocomposites of gold nanoparticles with cyclobis(paraquat-*p*-phenylene) / **G.R. Nasretdinova**, R.R. Fazleeva, A.V. Yanilkin, A.T. Gubaidullin, E.E. Mansurova, A.Y. Ziganshina, V.V. Yanilkin // *ECS J. Solid State Sci. Technol.* – 2024. – Vol. 13. – Art. ID. 4041006 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).
43. Fazleeva, R.R. Electrosynthesis of catalytically active nanocomposites of bimetallic PdCu and PdAu nanoparticles with Fe(II), Al(III), Zn(II), Cu(I), and Ti(IV) oxide–hydroxides / R.R. Fazleeva, **G.R. Nasretdinova**, V.G. Evtyugin, A.T. Gubaidullin, V.V. Yanilkin // *Catal. Lett.* – 2024. – Vol. 154. – P. 2670-2686 (**К-1** ВАК, Wos/Scopus).

Результаты диссертационной работы были представлены в виде устных докладов на конференциях различного уровня, среди которых X Международный Фрумкинский симпозиум по электрохимии (Москва, 2015), XX Всероссийское Собрание «Электрохимия органических соединений» ЭХОС-2022 (Новочеркасск, 2022), I Всероссийская научная конференция с международным участием «Теоретические и прикладные аспекты электрохимических процессов и защита от коррозии» (Казань, 2023), XV Плесская Международная научная конференция «Современные проблемы теоретической и прикладной электрохимии» (Плес, 2024). Работы, выполненные по теме диссертационной работы, были поддержаны грантами Российского фонда фундаментальных исследований (№ 16-33-00420, 17-03-00280, 20-03-00007) и Российского научного фонда (№ 22-23-00122).

В диссертации соискатель ссылается на собственные опубликованные работы, а также работы других ученых, отсутствуют материалы без ссылок на автора или источник заимствования.

#### **Специальность, которой соответствует диссертация.**

Диссертационная работа Насретдиновой Гульназ Рашитовны «Медиаторный электрохимический синтез наночастиц металлов и их наноконкомпозитов в объеме раствора» соответствует: п.1. «Экспериментально-теоретическое определение энергетических и структурно-динамических параметров строения молекул и молекулярных соединений, а также их спектральных характеристик»; п.5. «Изучение физико-химических свойств изолированных молекул и молекулярных соединений при воздействии на них внешних электромагнитных полей, потока заряженных частиц, а также экстремально высоких/низких температурах и давлениях»; п.6. «Химические превращения, потоки массы, энергии и энтропии пространственных и временных структур в неравновесных системах»; п.7. «Макрокинетика, механизмы сложных химических процессов, физико-химическая гидродинамика, растворение и кристаллизация»; п.9. «Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической



реакции», а также п.12. «Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов» паспорта специальности 1.4.4. Физическая химия.

Заключение принято на заседании расширенного научного семинара по направлению «Физическая и супрамолекулярная химия, кристаллохимия и спектроскопия» (протокол № 1 от 25.02.2021 г.). Присутствовали: 45 чел. Итоги голосования: «за» – 45, «против» – нет, «воздержавшихся» – нет.

Заключение рекомендовано к утверждению на заседании Ученого совета ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН (протокол № 3 от 19.02.2025 г.). Из 27 списочного состава Ученого совета присутствовали 21 человек. Рекомендации и замечания, высказанные на научном семинаре, диссертантом учтены, и соответствующие изменения внесены в текст диссертации.

Итоги голосования: «за» – 21, «против» – нет, «воздержавшихся» – нет.

Председатель Ученого совета,  
Руководитель ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленного структурного  
Подразделения ФИЦ КазНЦ РАН,

д.х.н., член-корр. РАН

А.А. Карасик

Председатель заседания научного семинара,  
«Физическая и супрамолекулярная химия,  
кристаллохимия и спектроскопия»,

д.х.н., профессор

Л.Я. Захарова

Ученый секретарь ИОФХ им. А.Е. Арбузова  
- обособленного структурного подразделения  
ФИЦ КазНЦ РАН, к.х.н.

А.В. Торопчина