Заключение диссертационного совета 24.1.141.02, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 13 октября 2026 г, протокол № 44

О присуждении **Филиппову Вадиму Леонидовичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Электрохимическое и контактное осаждение меди в глубоких эвтектических растворителях на основе холинхлорида» по специальности 1.4.6 – электрохимия принята к защите 12 мая 2026 года (протокол заседания № 41) диссертационным советом 24.1.141.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН), подведомственного Министерству науки и высшего образования: 119071, Москва, Ленинский проспект, 31, к.4 (адрес сайта: https://phyche.ac.ru), диссертационный совет утвержден приказом Минобрнауки РФ о создании от 15.02.2013 г № 75/нк.

Соискатель Филиппов Вадим Леонидович, 07 октября 1997 года рождения, в 2019 году окончил бакалавриат по специальности 18.03.01 «Химическая технология» (направленность «Технология электрохимических производств») в Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева, в 2021 году с отличием окончил магистратуру по специальности 18.04.01 «Химическая технология» (направленность «Электрохимические процессы и производства) в Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева, в 2025 году аспирантуру по специальности 04.06.01 «Химические науки» в Институте физической химии и электрохимии им А.Н. Фрумкина Российской академии наук. С 2021 года по настоящее время работает в Лаборатории строения поверхностных слоев ФГБУН Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук в должности младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа выполнена в Лаборатории строения поверхностных слоев Федерального государственного бюджетного

Научный руководитель – Руднев Александр Викторович, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории строения поверхностных слоев ИФХЭ РАН.

Официальные оппоненты:

1. Сафонов Виктор Алексеевич, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник кафедры электрохимии химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.
2. Никитина Виктория Андреевна, кандидат химических наук, старший преподаватель Центра энергетических технологий Сколковского института науки и технологий.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» в своём положительном отзыве, подписанном Козадеровым Олегом Александровичем, доктором химических наук, доцентом, заведующим кафедрой физической химии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», указала, что диссертационная работа В.Л. Филиппова «Электрохимическое и контактное осаждение меди в глубоких эвтектических растворителях на основе холинхлорида» полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в редакции постановления Правительства РФ от 01 октября 2018 г. № 1168. Материалы диссертационной работы Филиппова Вадима Леонидовича соответствуют специальности 1.4.6 – электрохимия в п. 3 и 11, а её автор, Филиппов Вадим Леонидович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по данной специальности.

По теме диссертации соискатель имеет 4 опубликованные работы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых международными системами цитирования Scopus, Web of Science и RSCI, а также 14 тезисов докладов на международных и Российских конференциях (индексируются РИНЦ).

Список публикаций по теме диссертации:

1. Филиппов В., Руднев А. Контактное осаждение меди из раствора CuCl в эталайне // Практика противокоррозионной защиты. – 2023. – Т. 28, № 3. – С. 48-57.
2. Filippov V. L., Shapagin A. V., Rudnev A. V. Galvanic replacement reaction between an Fe substrate and Cu(I) and Cu(II) ions in a deep eutectic solvent // Journal of Electroanalytical Chemistry. – 2024. – V. 965. – Article No. 118372.
3. Filippov V. L., Rudnev A. V. Electrochemical behaviour of metal ions in ethaline-based solutions: Impact of electrode material // Journal of Electroanalytical Chemistry. – 2024. – V. 974. – Article No. 118761.
4. Filippov V. L., Ponomarev N. I., Shapagin A. V., Kostikova G. V., Rudnev A. V. Immersion and electrochemical deposition of copper on steels in ethaline-based solutions // Electrochimica Acta. – 2025. – V. 525. – Article No. 146112.
5. V.L. Filippov, M.R. Ehrenburg, A.V. Rudnev. Electrodeposition of Metals from Ethaline-Based Solutions: Effect of Electrode Material // 73rd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry – online, Германия, 12–16 сентября 2022.
6. V.L. Filippov, M.R. Ehrenburg, A.V. Rudnev. Electrodeposition of Cu-Zn Alloy from Ethaline // 73rd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry – online, Германия, 12–16 сентября 2022.
7. В.Л. Филиппов, А.В. Руднев. Особенности электроосаждения металлов в глубоких эвтектических растворителях // XVII конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Физикохимия – 2022». Сборник тезисов докладов. – М.: ИФХЭ РАН. – 2022. – С. 150–151.
8. В.Л. Филиппов. Контактное и электрохимическое осаждение меди из растворов на основе глубокого эвтектического растворителя // XXX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов – 2023». Сборник тезисов докладов. – М.: МГУ. – 2023.
9. В.Л. Филиппов, А.В. Руднев. Особенности контактного и электрохимического осаждения меди из растворов на основе эталайна // II Международная научно-практическая конференция «Обработка поверхности и защита от коррозии». Сборник тезисов докладов. – М.: РХТУ. – 2023. – С. 133–135.
10. В.Л. Филиппов, А.В. Руднев. Контактное осаждение меди из растворов на основе эталайна, содержащих CuCl и $CuCl_2$ // III Международная конференция «Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии». Сборник тезисов докладов. – Тмб.: ТГТУ. – 2023. С. 84–86.
11. В.Л. Филиппов, А.В. Руднев. Контактное осаждение меди на железе из глубокого эвтектического растворителя // Всероссийская

конференция по электрохимии с международным участием. Сборник тезисов докладов. – М.: ИФХЭ РАН. – 2023. С. 346–347.

12. В.Л. Филиппов, А.В. Руднев. Формирование медных покрытий в растворах на основе эталайна // XVIII Конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Физикохимия – 2023». Сборник тезисов докладов. – М.: ИФХЭ РАН. – 2023. – С. 128–129.

13. Н.И. Пономарев, В.Л. Филиппов, А.В. Руднев. Контактное осаждение меди на железе и сталях в растворах на основе эталайна // XXXIV Российская молодёжная научная конференция с международным участием «Проблемы теоретической и экспериментальной химии». Сборник тезисов докладов. – Екб.: УрФУ. – 2024. – С. 271.

14. В.Л. Филиппов, А.В. Руднев. Контактное осаждение меди в растворах на основе эталайна // 11-й Международный фрумкинский симпозиум по электрохимии в рамках XXII Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Сборник тезисов докладов. – С.: ФТ «Сириус». – 2024. – С. 146.

15. В.Л. Филиппов, А.В. Руднев. Контактное и электрохимическое осаждение меди на железе и сталях в глубоком эвтектическом растворителе // III Конференция «Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения и защиты металлов и сплавов», памяти чл.-корр. Ю.М. Полукарова. Сборник тезисов докладов. – М.: ИФХЭ РАН. – 2024. – С. 36.

16. В.Л. Филиппов, А.В. Руднев. Контактное и электрохимическое осаждение меди на железе и сталях в эталайне // XIX Конференция молодых ученых, аспирантов и студентов ИФХЭ РАН «Физикохимия– 2025». Сборник тезисов докладов. – М.: ИФХЭ РАН. – 2025. – С. 139–140.

17. В.Л. Филиппов, А.В. Шапагин, Т.В. Голубитченко, А.В. Руднев. Влияние донора водородной связи на электроосаждение меди в глубоких эвтектических растворителях на основе холинхлорида // IV Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии». Сборник тезисов докладов. – Тмб.: ТГТУ. – 2025. С. 64–66.

18. В.Л. Филиппов, Т.В. Голубитченко, А.В. Руднев. Электроосаждение меди в глубоких эвтектических растворителях на основе холинхлорида: влияние донора водородной связи и содержания воды // XX Конференция молодых ученых, аспирантов и студентов ИФХЭ РАН «Физикохимия – 2026». Сборник тезисов докладов. – М.: ИФХЭ РАН. – 2026. – С. 225–226.

В опубликованных работах представлены результаты исследований контактного и электрохимического осаждения меди и других металлов в глубоких эвтектических растворителях (ГЭР) на основе холинхлорида. В работах детально исследовано влияние состава ГЭР и материала электрода на электрохимическое окно растворителя, электрохимическое поведение ионов металлов – Co(II), Fe(II), Ni(II), Sn(II), In(III), Cu(I) и Cu(II) – в растворах на основе эталайна в зависимости от материала электрода (Pt, Au, Cu, стеклоуглерод). Впервые установлен ряд вытеснения металлов в эталайне (Ni > Cu ~ Co > Sn > Fe > In), отличающийся от соответствующего ряда в водных некомплексных растворах. Этот ряд подтвержден реакцией контактного обмена между ионами Ni(II) и Sn, а также литературными данными. Показано, что контактное осаждение (КО) меди на железосодержащих подложках в эталайне термодинамически возможно, однако движущая сила процесса снижена по сравнению с водными средами. Качественно и количественно исследовано КО меди на Fe, углеродистой и нержавеющей стали, показано, что характер КО существенно зависит от источника ионов меди (Cu(I) или Cu(II)) и примесей (легирующих компонентов), содержащихся в подложке. Показано, что КО не оказывает существенного влияния на электрохимическое меднение железосодержащих подложек в ГЭР на основе холинхлорида, благодаря низкой скорости этого процесса. Исследовано электрохимическое осаждение Cu на железе, углеродистой (УС) и нержавеющей стали (НС) в эталайне. Установлено, что добавление воды снижает вязкость ГЭР, ускоряя электрохимическое меднение железосодержащих подложек в эталайне. Для меднения нержавеющей стали предложен эффективный режим осаждения, включающий активирующий импульс и активное перемешивание, который позволяет получать покрытия с удовлетворительной адгезией, в том числе и в присутствии воды (по крайней мере до 5,3 М).

Автореферат полностью отражает материалы, представленные в диссертации.

На автореферат поступило 5 отзывов. Все отзывы положительные.

В отзыве кандидата химических наук, доцента, заведующего лабораторией, заместителя директора Центра энергетических технологий Сколковского института науки и технологий Федотова С.С. приведены 4 замечания к автореферату:

1. При построении электрохимического ряда активности металлов в эталайне потенциалы начала растворения осадков, определённые из анодных ветвей ЦВА, фактически рассматриваются как соответствующие равновесные потенциалы. Насколько корректно данное приближение для всех исследованных металлов, и оценивалось ли возможное влияние кинетических

факторов, состояния поверхности и различий в составе образующихся комплексов металлов на определяемые значения потенциалов?

2. При анализе массопереноса в релайне отклонение экспериментальной диффузии от классических гидродинамических моделей связывается с возможным вкладом т.н. «дырочного» механизма. Интересно обсудить, насколько однозначна такая интерпретация, и можно ли предложить альтернативные причины наблюдаемого поведения, например, изменение ионной ассоциации или локальной сольватной структуры?

3. В экспериментальной части указано, что электрохимические измерения и исследования контактного осаждения проводились в инертной атмосфере аргона, тогда как одним из практически значимых выводов является принципиальная возможность проведения электроосаждения в атмосферных условиях при наличии воды. Проводились ли контрольные эксперименты непосредственно на воздухе при неконтролируемой атмосферной влажности, или данный вывод сделан преимущественно на основании экспериментов с контролируемым добавлением воды в ГЭР?

4. Адгезия медных покрытий на нержавеющей стали оценивалась качественно методом изменения температур, при этом отсутствие вздутий и отслаивания рассматривается как подтверждение хорошей адгезии. Для более полного сравнения разработанных режимов осаждения может быть полезна количественная оценка прочности сцепления покрытия с подложкой, например методом отрыва, царапания или другим подходящим методом.

В отзыве кандидата химических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории окисления и пассивации металлов и сплавов Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук Касаткина В.Э. приведено 1 замечание: «В качестве замечания, отмечу избыточное использование сокращений, затрудняющих чтение автореферата. Ясно, что автор за счёт сокращений стремился сэкономить место. Однако в этом случае стоило бы привести сводную таблицу сокращений.»

В отзыве кандидата химических наук, ведущего научного сотрудника Лаборатории электрокатализа Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук Клюева А.Л. сделан ряд замечаний и вопросов:

1. В автореферате не обсуждается сплошность (либо пористость) и, соответственно, коррозионная стойкость полученных медных покрытий, что было бы важно с точки зрения практической значимости.

2. В работе указан термин ДС (движущая сила, размерность Вольт). Хотелось бы уточнить, как она соотносится с термодинамической величиной ЭДС (электродвижущая сила, размерность Вольт)?

3. В описании главы 3 величина «потенциал начала растворения» приравнивается к термодинамической величине «равновесный потенциал». На мой взгляд это не совсем корректно, пока не будет доказана обратимость реакции поскольку «… отсутствие существенных перенапряжений…» ¬– это недостаточный критерий, наравне с использованием концентрации вместо активности).

4. Нуклеационный пик представлен на Рисунке 5В, а не 5Б.

В отзыве кандидата химических наук, доцента кафедры физической химии Пермского государственного национального исследовательского университета Пантелеевой В.В. задан вопрос:

1. На стр. 15-17 автореферата обсуждаются результаты исследований, направленных на повышение адгезии медных покрытий к подложке из нержавеющей стали, среди которых отмечаются: использование двухимпульсного потенциостатического режима, добавление воды к электролиту, интенсивное перемешивание электролита, сочетание этих факторов. Проводилась ли оптимизация процесса нанесения медных покрытий на НС в выбранных условиях (исследование влияния величины, продолжительности и характера импульса, концентрации воды в электролите, скорости перемешивания электролита).

В отзыве доктора химических наук, профессора кафедры общей и неорганической химии Российского химико-технологического университета имена Менделеева Кузнецова В.В. заданы следующие вопросы:

1. Термодинамический ряд равновесных потенциалов в эталайне (Ni> Cu ~ Co > Sn > Fe > In) установлен на основе исследований кинетики электродных реакций: потенциала начала электровосстановления металла и т.д. Не вполне понятно, в какой степени его можно назвать чисто термодинамическим. Различные металлы могут осаждаться с разными перенапряжениями, что может повлиять на кинетические параметры их электровосстановления и растворения.

2. Автору следовало бы обосновать возможность использования Ag/AgCl-электрода в исследованных им системах. Известно, что хлоридсеребряный электрод плохо работает в таких растворителях, как жидкий аммиак, амины и ацетонитрил, вследствие комлексообразования, приводящего к дрейфу потенциала. В какой степени этот электрод сравнения

обеспечивает воспроизводимые значения потенциал рабочего электрода в исследованных автором ГЭР?

3. Следовало бы более четко описать методику определения содержания воды в исследуемых автором ГЭР, каким образом оно контролировалось? Использовалось ли титрование неводных растворов по К. Фишеру? Известно, что часть воды в рабочие растворы может быть внесено с кристаллогридратами солей металлов.

4. Интересны были бы данные о пористости полученных медных покрытий. Согласно тексту автореферата, их средняя толщина составляет сотни нанометров, т.е. тысячи монослоев. Для осуществления бестокового осаждения покрытия необходим электрический контакт раствора с подложкой, т.е. полученные покрытия должны характеризоваться определенной пористостью.»

Диссертационный совет решил, что на все поступившие замечания В.Л. Филиппов дал исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их высокой квалификацией в области электрохимии и электроосаждения металлов. Оппонент д.х.н., профессор В.А. Сафонов является общепризнанным специалистом в области фундаментальных проблем коррозионных процессов и защиты металлов, моделирования границы раздела электродов из металлов и сплавов с растворами электролитов, в том числе на основе органических веществ. Оппонент к.х.н. В.А. Никитина является высококвалифицированным специалистом в области электроосаждения металлов и других электрокаталитически активных материалов, материаловедения, транспортных и кинетических аспектов интеркаляции ионов, кинетики переноса заряда на границе раздела электрод – ионная жидкость.

Выбор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» в качестве ведущей организации обоснован высокой квалификацией сотрудников, специализирующихся в областях кинетики электродных и коррозионных процессов, селективного растворения сплавов, нестационарных методах электрохимических исследований, математического моделирования электрохимических процессов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных исследований:

Разработаны научные основы управления процессами контактного и электрохимического осаждения меди в ГЭР на основе холинхлорида.

Показано, что электрохимическая стабильность ГЭР на основе холинхлорида слабо зависит от природы донора водородной связи (этиленгликоль, глицерин или мочевина) и главным образом определяется **материалом электрода.** Наибольшая ширина электрохимического окна зафиксирована на инертном стеклоуглероде ($\Delta E_{разл}$ = ~ 3 В в эталайне и глицелайне и ~ 3,6 В в релайне), тогда как Pt катализирует катодное разложение компонентов ГЭР, снижая $\Delta E_{разл}$ более чем на 1 В.

Впервые установлено, что последовательность равновесных потенциалов комплексных ионов металлов в эталайне (Ni > Cu ~ Co > Sn > Fe > In) **отличается от электрохимического ряда активности в водных средах** (Cu > Sn > Ni > Co > In > Fe), что обуславливает возможность реакций контактного обмена, термодинамически невозможных в водных растворах.

Впервые установлено, что реакция КО Cu на Fe и углеродистой стали в эталайне протекает существенно медленнее, чем в водных сульфатных растворах. Выявлены принципиальные различия в механизме и скорости КО и изменениях морфологии поверхности в зависимости от исходной соли, CuCl или $CuCl_2$. На нержавеющей стали КО Cu сильно замедлено как в эталайне, так и в водных растворах вследствие выраженной пассивности поверхности.

Впервые показано, что вследствие низкой скорости КО Cu на Fe и сталях в эталайне этот процесс не оказывает влияния на морфологию и адгезию электроосажденной меди: при осаждении в потенциостатическом режиме на Fe и углеродистой стали формируются покрытия с хорошей адгезией, тогда как на нержавеющей стали адгезия покрытий остается слабой из-за оксидного барьерного слоя.

Впервые продемонстрирован эффективный способ меднения нержавеющей стали в эталайне: двухимпульсный потенциостатический режим с перемешиванием обеспечивает высокую адгезию покрытий. Добавление воды дополнительно улучшает адгезию и ускоряет осаждение за счет снижения вязкости, что указывает на принципиальную возможность меднения сталей в атмосферных условиях без необходимости создания инертной атмосферы.

Проведены количественные оценки влияния природы донора водородной связи (этиленгликоль, глицерин, мочевина) и содержания воды на вязкость ГЭР, скорость диффузии комплексных ионов Cu(I) и Cu(II) и электроосаждение меди. Добавление воды (до 16,5 М) резко снижает вязкость всех ГЭР за счёт разрушения водородных связей, что приводит к ускорению

диффузии и, как следствие, к значительному росту скорости осаждения металла. Морфология осадков эволюционирует от сглаженной в вязких системах к зернистой с четкими гранями кристаллитов в менее вязких смесях ГЭР-вода.

Впервые установлено, что диффузия ионов $[CuCl_2]^-$ в смесях эталайн-вода и глицелайн-вода адекватно описывается частным случаем гидродинамической модели Сазерленда, соответствующим движению частицы с идеальным скольжением. В случае диффузии $[CuCl_4]^{2-}$ в эталайне и глицелайне с различным содержанием воды экспериментальные данные выходят за границы применимости модели Сазерленда вследствие специфических взаимодействий между заряженными комплексами Cu(II) и компонентами растворителя. Для релайна обоснован существенный вклад дырочного механизма диффузии ионов Cu(I) и Cu(II), особенно в безводных условиях, тогда как при добавлении воды его роль снижается.

Научная новизна обоснована тем, что:

Впервые проведено систематическое исследование электрохимической стабильности трёх основных ГЭР на основе холинхлорида (эталайна, глицелайна и релайна) в зависимости от материала электрода. Показано, что катодная граница электрохимического окна ГЭР определяется в первую очередь каталитической активностью подложки и осаждающегося на ней металла и лишь в незначительной степени зависит от природы донора водородной связи.

Впервые для эталайна установлен электрохимический ряд активности металлов (Ni > Cu ~ Co > Sn > Fe > In), существенно отличающийся от соответствующего ряда в водных растворах вследствие комплексообразования в ГЭР. Результат обосновывает литературные данные о возможности КО Ni на меди в эталайне и подтвержден собственными экспериментами по КО Ni на олове, а также демонстрирует термодинамическую возможность КО меди на железе и сталях в эталайне.

Впервые выполнены количественные оценки скорости КО меди в эталайне. Установлены принципиальные расхождения в механизме КО в растворах Cu(I) и Cu(II) на железосодержащих подложках, обуславливающие различия в скорости процесса, структурных изменениях поверхности и морфологии осадка. Выявлены особенности протекания КО меди на железе, углеродистой стали (УС) и нержавеющей стали (НС). Показано, что из-за низкой скорости КО оно не влияет на процесс электрохимического осаждения меди на этих подложках.

Впервые экспериментально подтверждена эффективность подхода, сочетающего двухимпульсный потенциостатический режим осаждения,

перемешивание и контролируемое разбавление электролита водой, для получения адгезионно-прочных медных покрытий на пассивных подложках (НС) в ГЭР.

Впервые проведено комплексное исследование влияния природы донора водородной связи и содержания воды на ключевые параметры, определяющие электрохимическое осаждение меди в ГЭР. Установлены количественные взаимосвязи между вязкостью, коэффициентами диффузии ионов Cu(I)/Cu(II) и скоростью электроосаждения. Показано, что диффузия в этих системах может быть описана классическими гидродинамическими моделями лишь частично; для ряда систем наблюдаются отклонения, связанные со специфическими взаимодействиями и возможным вкладом альтернативного (дырочного) механизма переноса.

Методическая новизна: впервые для количественного анализа скорости КО меди в ГЭР применён метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), позволивший с высокой точностью определять малые количества осаждённого металла.

Теоретическая и практическая значимость полученных соискателем результатов исследования подтверждается тем, что:

Автор углубил фундаментальные представления о механизмах электрохимических процессов в новом классе «зеленых» растворителей – ГЭР. Впервые на систематической основе установлены факторы, определяющие электрохимическую стабильность ГЭР на основе холинхлорида, потенциалы начала осаждения и морфологию осадков для меди и ряда других металлов. Обоснована возможность реакций контактного обмена, нетипичных для водных сред (например, между ионами Ni(II) и металлами Sn и Cu), что открывает новые возможности для синтеза каталитически активных биметаллических материалов. Установлены особенности контактного осаждения меди на железе и сталях в ГЭР и выявлены принципиальные различия в механизме и скорости процесса в зависимости от заряда ионов меди (Cu(I) и Cu(II)). В рамках работы также развиты представления о диффузии ионов меди в структурированных средах – ГЭР на основе холинхлорида. Проведен комплексный анализ влияния природы донора водородной связи (этиленгликоль, глицерин, мочевина) и воды на вязкость, коэффициенты диффузии ионов Cu(I) и Cu(II) и электроосаждение меди. Полученные данные расширяют основу для целенаправленной разработки электролитов на основе ГЭР не только для меднения, но и для осаждения других металлов и сплавов.

Практическая значимость работы заключается в научном обосновании возможности прямого электрохимического меднения железных и стальных подложек в эталайне. Показано, что из-за низкой скорости реакция КО в

эталайне не препятствует получению плотных, хорошо сцепленных с поверхностью медных покрытий на углеродистой стали и железе. Для трудноактивируемой нержавеющей стали апробирован двухимпульсный потенциостатический режим осаждения с интенсивным перемешиванием, обеспечивающий удовлетворительную адгезию медного покрытия. Установлено, что добавление воды (до 5,3 М) не ухудшает качество осадков, полученных электрохимически в ГЭР, и ускоряет процесс осаждения за счет снижения вязкости. Это позволяет проводить электроосаждение из гигроскопичного эталайна в атмосферных условиях без необходимости создания и поддержания инертной атмосферы, что значительно упрощает и удешевляет потенциальную технологию.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

Работа выполнена с помощью современных приборов и чистых реактивов; использованные методики в полном объеме приведены в Главе 2 диссертации и могут быть верифицированы в других лабораториях; результаты хорошо согласуются с существующими литературными данными.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в формировании концепции исследования, постановке цели и задач, постановке и реализации экспериментов, обработке, анализе и интерпретации полученных экспериментальных данных, проведении расчетов, формулировании выводов, а также подготовке публикаций и апробации результатов исследования на конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания о представлении и интерпретации полученных данных. На все замечания В.Л. Филиппов предоставил аргументированные ответы.

Диссертационный совет пришёл к выводу, что диссертационная работа Филиппова Вадима Леонидовича «Электрохимическое и контактное осаждение меди в глубоких эвтектических растворителях на основе холинхлорида» удовлетворяет критериям, установленным пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, а её автор, Филиппов Вадим Леонидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6 – Электрохимия.

На заседании 13 октября 2026 года диссертационный совет принял решение присвоить Филиппову Вадиму Леонидовичу ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 15 докторов наук по специальности 1.4.6 – электрохимия, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – «18», против присуждения ученой степени – «0», недействительных бюллетеней – «0».

Председатель диссертационного совета, д.ф-м.н. /О.В. Батищев/

Ученый секретарь диссертационного совета, к.х.н. /Н.В. Некрасова/

13.10.2026