

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ.2.6.07, созданного на базе

Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева
Министерства образования и науки Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № 46/25
решение диссертационного совета
от 17 декабря 2025 г. № 15

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Шелухину Михаилу Александровичу, представившему диссертационную работу на тему «Разработка технологического процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочного электролита» по научной специальности 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии, принятой к защите «13» ноября 2025 г., протокол №12 диссертационным советом РХТУ.2.6.07 Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 15 человек приказом и.о. ректора Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева №267 от «08» июля 2022 г., № 317А от «01» ноября 2023 г., №52 ОД от «24» марта 2025 г.

Соискатель Шелухин Михаил Александрович 1998 года рождения в 2021 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», диплом серия 107731 номер 039664.

В 2025 г. Шелухин М.А. окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по образовательной программе 05.17.03 «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии», диплом серия 107734 номер 0245721.

С сентября 2020 г. по настоящее время Михаил Александрович Шелухин работает на кафедре инновационных материалов и защиты от коррозии (ИМиЗК) старшим лаборантом.

В период с января 2022 г. по декабрь 2024 г. работал по совместительству в должности инженера-исследователя в Учебно-научном центре химической и электрохимической обработки материалов (на правах отдела). В период с января 2024 г. по июнь 2025 г. работал по совместительству в должности инженера в Технологическом отделе (РХТУ им. Д. И. Менделеева).

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии выполнена на кафедре инновационных материалов и защиты от коррозии в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Тема диссертационной работы «Разработка технологического процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочного электролита» утверждена на заседании Ученого совета факультета цифровых технологий и химического инжиниринга Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева 17 апреля 2025 г. (протокол № 06).

Научный руководитель кандидат химических наук, доцент Григорян Неля Сетраковна, профессор кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Официальные оппоненты:

– доктор технических наук, профессор **Киреев Сергей Юрьевич**, декан факультета промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет»;

– кандидат химических наук **Ботрякова Инна Геннадьевна**, старший научный сотрудник лаборатории строения поверхностных слоев, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук».

Ведущая организация: Федеральное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 19 научных работах, опубликованных соискателем, в том числе 2 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus, и Chemical Abstracts; 1 статье – в журнале, входящем в перечень ВАК; 16 тезисах докладов – в материалах всероссийских и международных конференций.

Опубликованные работы посвящены исследованию процесса электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель из щелочного электролита, изучению влияния концентрации компонентов раствора на состав гальванического покрытия, в том числе, влиянию природы аминосодержащего лиганда и блескообразующей добавки в щелочном электролите на состав и катодный выход по току цинк-никелевого сплава, исследованию процесса бесхроматной пассивации электролитического цинк-никелевого сплава.

Опубликованные работы полностью отражают результаты, полученные в диссертации.

Апробация результатов научного исследования подтверждена публичными докладами на 16 международных и всероссийских конференциях.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Adudin I.A. A study of zinc–nickel alloy electrodeposition from an alkaline electrolyte / I.A. Adudin, N.S. Grigoryan, **M.A. Shelukhin** [et al.] // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2021. – Vol. 10, No. 2. – P. 580–591. – DOI: 10.17675/2305-6894-2021-10-2-6. (Scopus, Web of Science).

2. **Shelukhin M.A.** Removal of heavy metal ions from zinc-nickel electrodeposition process draught tank wastewater / **M.A. Shelukhin**, M.A. Podshibnev, N.S. Grigoryan [et al.] // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2025. – Vol. 14, No. 2. – P. 460-468. – DOI: 10.17675/2305-6894-2025-14-2. (Scopus, Web of Science).

Публикации в рецензируемых изданиях:

1. **Шелухин М.А.** Электроосаждение сплава цинк-никель из щелочного аминосодержащего электролита / **М.А. Шелухин**, А.Р. Хохряков, М.А. Подшибнев [и др.] // Практика противокоррозионной защиты. – 2025. – Т. 30, № 2. – С. 40-55. – DOI 10.31615/j.corros.prot.2024.116.2-4. (ВАК).

Публичные доклады на всероссийских и международных научных мероприятиях:

1. **Шелухин М.А.** Исследование влияния концентрации лиганда в электролите на электроосаждение сплава цинк-никель / **М.А. Шелухин**, И.А. Адудин, К.А. Орлова [и др.] // Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения и защиты металлов и сплавов: Тезисы докладов II Международной конференции, памяти чл.-корр. Ю.М. Полукарова, Москва, 15 – 16 октября 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, 2020. – С 112.

2. Адудин И.А. Исследование влияния концентрации компонентов раствора на состав гальванического покрытия сплавом цинк-никель / И.А. Адудин, К.А. Орлова, **М.А. Шелухин** [и др.] // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2021. – Т. 35, № 5 (240). – С. 12-13.

3. Адудин И.А. Исследование влияния концентрации ионов никеля в щелочном электролите на состав покрытия сплавом цинк-никель / И.А. Адудин, К.А. Орлова, **М.А. Шелухин**, Н.С. Григорян, Т.А. Ваграмян // «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии», XII Международная научная конференция, г. Плес, Ивановская обл., 13 – 17 сентября 2021 г. Тезисы докладов. Иваново: Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, 2021. – 143 с. ISBN 978-5-905364-18-1. – С. 78.

4. Орлова К.А. Влияние природы аминоксодержащего лиганда в щелочном электролите на состав цинк-никелевого сплава / К.А. Орлова, И.А. Адудин, **М.А. Шелухин** [и др.] // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2021. Т. – 35, № 8 (243). – С. 126-128.

5. **Шелухин М.А.** Исследование влияния концентрации блескообразующей добавки в электролите на состав и катодный выход по току сплава / **М.А. Шелухин**, К.А. Орлова, М.А. Подшибнев, Н.С. Григорян, Т.А. Ваграмян, Д.А. Жирухин // «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии», XIII Плесская Международная научная конференция, г. Плес, Ивановская обл., 05 – 09 сентября 2022 г. Тезисы докладов. Иваново: Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, 2022. – 125 с. ISBN 978-5-905364-19-8. – С. 57.

6. **Шелухин М.А.** Исследование влияния концентрации блескообразующей добавки в электролите на содержание никеля в покрытии / **М.А. Шелухин**, К.А. Орлова, М.А. Подшибнев, Н.С. Григорян, Т.А. Ваграмян // «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии», XIII Плесская Международная научная конференция, г. Плес, Ивановская обл., 05 – 09 сентября 2022 г. Тезисы докладов. Иваново: Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, 2022. – 125 с. ISBN 978-5-905364-19-8. – С. 58.

7. Желудкова Е.А. Раствор для пассивации электролитического цинк-никелевого сплава / Е.А. Желудкова, Д.А. Ницук, **М.А. Шелухин**, А.А. Абрашов, Н.С. Григорян // XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, 7-12 октября, 2024, Федеральная территория «Сириус», Россия. Сборник тезисов докладов в 7 томах. Том 6. – М.: «Буки Веди», 2024. – 364 с. – ISBN 978-5-00202-670-8 (т. 6). – С. 131.

8. **Шелухин М.А.** Защитные покрытия сплавом цинк-никель на стали / **М.А. Шелухин**, М.А. Подшибнев, Н.С. Григорян [и др.] // *Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения и защиты металлов и сплавов: Тезисы докладов III Международной конференции памяти чл.-корр. Ю.М. Полукарова, Москва, 26 – 27 ноября 2024 года*. – Москва: Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, 2024. – С. 51.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

От официальных оппонентов:

1. Доктор технических наук, профессор **Киреев Сергей Юрьевич**, декан факультета промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет»

Вопросы и замечания по работе

1. В обзоре литературы подробно рассмотрены термодинамика и кинетика электроосаждения сплавов, включая способы сближения потенциалов Zn и Ni. Однако отсутствует критический анализ недавних работ по роли аминоксодержащих лигандов в щелочных электролитах, опубликованных в ведущих журналах (например, *Electrochimica Acta* за 2020-2025 гг.). Это могло бы усилить обоснование выбора полиэтиленполиаминов и азотсодержащих полиалкиленгликолей (AC2).

2. Автор приводит суммарные и парциальные поляризационные кривые для осаждения Zn-Ni из аминокцинкатного электролита на основе ПЭПА+АС2. Как объяснить наблюдаемое увеличение содержания Ni в сплаве с термодинамической точки зрения? Учитывались ли эффекты комплексообразования Ni с АС2 в растворе, и почему не проведены расчеты констант устойчивости комплексов?
3. На стр. 123–132 приведена разработка блескообразующей композиции. Однако оптимальная концентрация основного блескообразователя составляет всего 0,06–0,1 г/л – это экстремально низкое значение для щелочных цинкатных электролитов. Как автор объясняет такую высокую активность?
4. Коррозионные испытания в камере соляного тумана (NSS) показали время до появления красной коррозии стали составляет 986 ч для системы «Zn-Ni + бесхроматная пассивация». Это отличный результат. Однако в работе отсутствует прямое сравнение с зарубежными аналогами (например, Coventya Eclipse, Atotech Zylite HT, Columbia Chemical Zincrolyte NCA) в идентичных условиях.
5. В разделе 4.1.3 предложен режим корректировки электролита добавлением концентрированного раствора ZnO + NiSO₄ + ПЭПА + АС2. Однако при этом будет накапливаться сульфат-ион. Как автор предлагает решать проблему накопления сульфат ионов в промышленных условиях?
6. На стр. 148–149 приведены данные по осаждению Zn и Ni из промывных вод при pH 9,0–9,5. Достигается высокая степень очистки (<0,3 мг/л). Однако не указана доза флокулянта/коагулянта и конечное значение ХПК после очистки.
7. В автореферате подчеркивается импортозамещающий характер технологии с апробацией на производствах. Вопрос: Какие конкретные показатели ресурса электролита (в А·ч/л) были достигнуты в производственных испытаниях?
8. В автореферате (пункт 2 научной новизны) сказано, что введение добавки «расширяет рабочий диапазон плотностей тока, в котором осаждаются покрытия сплавом цинк никель с содержанием 12–14 % никеля». При высоких плотностях тока (>6 А/дм²) содержание никеля возрастает (до 18–20 %). Правильнее написать: «...позволяет получать покрытия с содержанием никеля не менее 12 % при плотностях тока до 8–10 А/дм²».

Приведенные замечания не отражаются на общей положительной оценке диссертации, которая обладает всеми необходимыми элементами (актуальностью, достоверностью, новизной, научной и практической значимостью результатов), присущими диссертации на соискание кандидата наук. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации, являющейся завершённой научно-квалификационной работой, в которой получен большой объём новых данных, разработана технология электроосаждения сплава Zn-Ni из щелочного электролита на основе оптимизации состава и режимов, с учетом пассивации и очистки стоков.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Диссертация Шелухина Михаила Александровича отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД. Диссертационная работа представляет собой завершённое научное исследование, обладающее научной новизной, теоретической и практической значимостью, выполненное на высоком уровне по актуальной теме, связанной с достижением технологического суверенитета через создание отечественных прорывных технологий в области электрохимических процессов. Ее автор, Шелухин Михаил Александрович, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук.

наук по специальности 2.6.9 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

2. Кандидат химических наук **Ботрякова Инна Геннадьевна**, старший научный сотрудник лаборатории строения поверхностных слоев, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук».

Вопросы и замечания по работе

1. Зачем после стадии химического обезжиривания и травления необходимо было проводить ещё и электрохимическое обезжиривание подготавливаемых стальных образцов?

2. Не обоснован выбор марки стали 08пс (с. 45). Эти покрытия будут применяться в автомобилестроении?

3. Во второй главе в пункте 2.5 автор не уточнил, в каком количестве точек образца (анализируемого сплава Zn-Ni) определял содержание элементов методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии, производилось ли усреднение по этим точкам. Также автор не уточнил, строилась ли калибровочная кривая для количественного анализа с помощью образцов, имеющих известный состав (эмпирический метод) или использовался метод фундаментальных параметров взаимовлияния элементов в различных матрицах, которые рассчитываются теоретически.

4. В список сокращений и условных обозначений не внесены такие термины, как ПА3, АС2 и прочее. Поэтому, когда они впервые встречаются в тексте в пункте 2.8.1 и далее в главе «Методика», не совсем понятно, о чём идёт речь. Если это химические соединения, то хотелось бы видеть их более подробное описание с точки зрения химической чистоты и марки производителя.

5. Из рис. 3.83 не сделан никакой вывод, то есть не был проанализирован результат коррозионных испытаний каплями солевого раствора.

6. Выбор итогового состава электролита вызывает вопросы, поскольку, судя по испытаниям, приведённым в диссертации, можно было бы включить и другие соединения полиаминов, в том числе их смеси, дающие оптимальные значения по требуемым показателям. Например, на стр. 99-100 приводится вывод о том, что сочетание в электролите лигандов ПА3+ ПА4 или ПА3+ПА5 позволяет получать покрытия оптимального состава в более широком диапазоне катодных плотностей тока (0,2-3,0 и 0,5-5,0 А/дм² соответственно).

7. Имеется ряд недочетов в оформлении. Так, например, на стр. 18 не соблюдена очередность в упоминании ссылок, ссылка [37] появилась «вне очереди»; на рис. 3.11 не дана расшифровка цветовых обозначений на диаграмме; в подписи к рис. 3.60 можно было бы уточнить, что рабочий электрод представлял из себя нанесенное гальваническое цинк-никелевое покрытие толщиной 10-12 мкм и др.

Сделанные замечания не затрагивают сути работы и основных выводов диссертации. Научные выводы диссертационной работы, как и выносимые на защиту положения, достаточно обоснованы. Работа изложена последовательно, сбалансирована в своих основных частях и, в целом, хорошо оформлена.

Автореферат полностью отражает материалы диссертации, а его содержание и выводы соответствуют основным положениям работы.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

По актуальности, новизне, достоверности результатов, обоснованности выводов и практической значимости диссертационная работа Шелухина Михаила Александровича является научно-квалификационной работой, содержащей решение научной задачи, имеющей значение для развития материаловедения и технологии электрохимических процессов и защиты от коррозии), а именно разработки технологии электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель, содержащих 12-14 % никеля, из щелочного

электролита. Результаты работы могут быть использованы на предприятиях и в организациях, таких как: ПАО «КАМАЗ»; ООО «УАЗ»; ОАО «Павловский Автобус»; ПО «Севмаш»; АО «НИЦЭВТ»; ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова»; ООО «ММК» и др.

Работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД., а ее автор, Шелухин Михаил Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Отзыв ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (ФГБНУ ВНИИТиН).

Вопросы и замечания по работе

1. В разделе «Актуальность» обоснование работы строится вокруг улучшения коррозионных свойств цинковых покрытий путем их легирования никелем. Однако данная аргументация является неполной и не отражает одну из ключевых практических причин активного внедрения цинк-никелевых покрытий в мировую и отечественную промышленность вместо высокотоксичных кадмиевых покрытий.
2. В литературном обзоре выбор цинк-никелевого покрытия вместо кадмиевого недостаточно обоснован. В принципе есть еще, по крайней мере, одна альтернатива цинк-никелевому покрытию - цинкнаполненные покрытия на неметаллической основе.
3. В пункте 2 практической значимости указано, что разрабатываемый электролит удовлетворяет современным требованиям к его ресурсу и стабильности, однако конкретных значений «современных требований» в работе не приводится.
4. Не совсем понятно, работает ли цинк-никелевое покрытие как протекторное для стали, нет сравнения эффективности протекторной защиты, по сравнению с чисто цинковым покрытием.
5. В работе упомянуто, что цинк-никелевое покрытие является дорогим, но менее токсичным, чем кадмиевое, но ни экономический, ни экологический эффект не рассчитываются.
6. Замечание к оформлению графиков на рисунках 3.14, 3.16, 3.18, 3.20, 3.24, 3.26, 3.28, 3.30. На представленных рисунках масштаб оси ординат (отображающей массовую долю никеля в покрытии) выбран неудачно. Чрезмерно широкий диапазон значений на оси Y приводит к сильному сжатию графиков, из-за чего кривые, соответствующие разным мольным соотношениям [катион металла]/[Лиганд], визуально сливаются.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

В то же время, представленные замечания носят дискуссионный характер и не затрагивают основные результаты работы. Выводы диссертационной работы достоверны, подтверждены полученными экспериментальными данными и не вызывают сомнений. Диссертация М.А. Шелухина отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД., а ее автор, Шелухин Михаил Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Отзыв заслушан и утвержден на заседании научно-технического совета №2 ФГБНУ

Отзывы на автореферат:

1. Отзыв доктора технических наук, профессора **Акользина Андрея Павловича**, генерального директора Ассоциации разработчиков и производителей средств противокоррозионной защиты для топливно-энергетического комплекса России ООО «КАРТЭК». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания:

1. В автореферате указано, что при сочетании в электролите добавок Б1 и Б2, происходит измельчение зерен кристаллитов осадка и сглаживание микрорельефа поверхности, но не указано, почему при введении третьей добавки Б3 шероховатость поверхности увеличивается, а величина блеска снижается?

2. На рис. 14 пунктирной линией указано минимальное время до появления продуктов коррозии основы, но не указано минимальное время до появления продуктов коррозии цинк-никелевого покрытия.

3. Следовало бы указать толщину наносимых конверсионных покрытий.

4. При проведении механических испытаний автор делает вывод, что по износостойкости покрытия сплавом цинк-никель превосходят цинковые, никелевые и кадмиевые, но не указывает величины износа. Также, при сравнении материалов с различной удельной массой, для получения более правильных значений, лучше получать коэффициент износа по убыли объема материала, а не по убыли массы, как указано в автореферате.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

В целом автором проведена большая исследовательская работа по разработке технологии электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель. На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Шелухина Михаила Александровича на тему «Разработка технологического процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочного электролита» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор Шелухин Михаил Александрович, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защиты от коррозии.

2. Отзыв доктора технических наук, профессора **Галанина Сергея Ильича**, профессора кафедры технологии художественной обработки материалов, художественного проектирования, искусств и технического сервиса федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Костромской государственный университет». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

К теоретической значимости работы отнесено установление закономерностей осаждения покрытий из щелочного электролита в присутствии аминосоединений. Вероятно, можно было бы, не раскрывая названия конкретного соединения, указать какую-то более узкую область его принадлежности, или, хотя бы то, что это соединение является комплексообразующим лигандом для ионов никеля.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

На основании изложенного, полученные результаты могут быть использованы на гальванических производствах в различных отраслях промышленности, а также для развития и совершенствования теории и практики электроосаждения металлов и сплавов. Кандидатская диссертация М.А. Шелухина отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении

высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД. Автор диссертации Шелухин Михаил Александрович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

3. Отзыв кандидата химических наук **Павловой Нины Владимировны**, старший научный сотрудник ФГУП «ВНИИИА» им. Н.Л. Духова. Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

1. В автореферате указано, что экспериментально выбраны три лиганда: ПА3, ПА4 и ПА5, однако не объяснено, чем отличаются данные лиганды (длина цепи, количество аминогрупп), а также отсутствует информация о том, содержат ли данные лиганды другие функциональные группы, как, например, приведенный в качестве примера триэтаноламин. Желательно указать, содержат ли лиганды другие функциональные группы, при наличии которых могут образовываться более устойчивые хелатные комплексы.

2. На стр. 8 на основании того, что АС2 не растворяется в отсутствие цинка, сделан вывод о том, что никель не образует комплекса с АС2. Данное утверждение некорректно, так как в электролите присутствует другой лиганд, образующий комплекс с никелем. То есть в данном случае можно утверждать только то, что константа устойчивости никеля с АС2 меньше, чем с ПА3.

Сделанные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

В целом автором проведена большая исследовательская работа по изучению процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочных электролитов. На основании изложенного считаю, что работа Шелухина Михаила Александровича на тему «Разработка технологического процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочного электролита» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД., а ее автор, Шелухин Михаил Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9 «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии».

4. Отзыв кандидата технических наук **Махиной Веры Сергеевны**, старшего научного сотрудника ООО «УМАТЕК». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

К теоретической значимости работы отнесено установление закономерностей осаждения покрытий из щелочного электролита в присутствии аминосоединений. Вероятно, можно было бы, не раскрывая название конкретного соединения, указать какую-то более узкую область его принадлежности, или, хотя бы то, что это соединение является комплексообразующим лигандом для ионов никеля.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

В целом, диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, которое вносит существенный вклад в развитие теории и практики электроосаждения металлов и сплавов, а также методов защиты от коррозии. Полученные результаты могут быть использованы на гальванических производствах в различных отраслях промышленности.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Шелухина Михаила

Александровича на тему «Разработка технологического процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочного электролита» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.202 г. № 103 ОД, а ее автор, Шелухин Михаил Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

5. Отзыв кандидата химических наук Страхова Игоря Сергеевича, технического директора ООО «Элкон Ритейл». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

Из текста автореферата неясно, какое значение P (число координированных лигандов) было выбрано для расчёта константы устойчивости смешанного комплекса цинка в присутствии аминспирта.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Диссертационная работа является завершённым научным исследованием, выполненным на высоком научном уровне. Она содержит значительный объём новых данных, имеет выраженную научную новизну и практическую ценность. На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Шелухина Михаила Александровича на тему «Разработка технологического процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочного электролита» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор Шелухин Михаил Александрович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защиты от коррозии.

На все замечания Шелухиным Михаилом Александровичем даны полные и исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью, достижениями в научных исследованиях с близкой тематикой, наличием у оппонентов и ведущей организации публикаций в рецензируемых журналах и их высоким профессиональным уровнем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны щелочной электролит для электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель с содержанием никеля 12-14 % масс.; корректирующие концентраты и отработан режим корректировки раствора; состав блескообразующей композиции; процесс бесхроматной пассивации разработанных электролитических цинк-никелевых покрытий;

предложены способ регулирования содержания никеля при электроосаждении сплава цинк-никель;

доказаны влияние на скорость электроосаждения сплава цинк-никель аминспирта АС2, ингибирующее действие на процесс осаждения сплава цинк-никель добавок Б1, Б2 и Б3.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

экспериментально **установлены** закономерности процесса электроосаждения покрытий сплавом цинк-никель из щелочного электролита в присутствии аминсоединений;

установлено, что щелочной электролит для электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель с содержанием никеля 12-14 % масс., содержащий (г/л): Zn^{2+} (в виде ZnO) 9,0–13,0; Ni^{2+} (в виде $NiSO_4 \cdot 7H_2O$) 0,9–1,25; NaOH 115–135; ПАЗ 22–28; АС2 35–45; Б1 0,075–0,12; Б2 0,075–0,12 и Б3 0,06–0,1, позволяет при катодной плотности тока i_k 0,2–5,0 А/дм², t 20–27°C и механическом перемешивании получать равномерные по составу и толщине покрытия как на подвесках, так и при электроосаждении насыпью; добавки Б1 и Б2 ингибируют процесс осаждения сплава примерно на 180–200 мВ и 40–60 мВ соответственно, а при сочетании этих добавок поляризация процесса в рабочем диапазоне плотностей тока составляет 220–260 мВ, добавка Б3 оказывает деполяризующее действие (примерно на 100 мВ) на процесс восстановления сплава по сравнению с восстановлением в присутствии добавок Б1 и Б2; цинк-никелевые покрытия, полученные из разработанного электролита, пассивированные как в растворах хроматирования, так и в растворах на основе РЗМ, по коррозионной стойкости и защитной способности сопоставимы с пассивированными кадмиевыми покрытиями (148 и 986 часов против 176 и 1038 часов соответственно) и существенно превосходят пассивированные цинковые (42 и 160 часов), микротвёрдость разработанных цинк-никелевых покрытий значительно выше микротвёрдости кадмиевого и цинкового покрытий (161 кгс/мм² против 27 и 60 кгс/мм² соответственно) и несколько ниже, чем у никелевого покрытия (196 кгс/мм²); по износостойкости покрытия сплавом цинк-никель превосходят цинковые, никелевые и кадмиевые покрытия;

изложены результаты разработки щелочного электролита для электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель с содержанием никеля 12-14 % масс. и процесса бесхроматной пассивации электролитических цинк-никелевых покрытий, осажденных по разработанной технологии;

раскрыты закономерности электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель в присутствии аминок спирта АС2 в составе электролита;

изучено влияние добавок Б1, Б2 и Б3 на процесс электроосаждения сплава цинк-никель; автором **использован** комплекс физико-химических методов исследования: рентгенофлуоресцентный анализ, энергодисперсионный рентгеноспектральный микроанализ (EDX), сканирующая электронная микроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS) и др.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены щелочной электролит для электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель с содержанием никеля 12-14 % масс.; процесс бесхроматной пассивации разработанных электролитических цинк-никелевых покрытий; определены технологические параметры процесса электроосаждения сплава цинк-никель в разработанном растворе, разработаны корректирующие концентраты и отработан режим корректировки раствора. Разработанная технология успешно протестирована на ООО «ПО «Металлист», АО «НИЦЭВТ», ООО ПК «НПП СЭМ.М», получены акты испытаний и рекомендации к внедрению в производство.

получен акт испытаний и рекомендации к внедрению в производство с целью замещения зарубежных продуктов;

полученные результаты могут быть использованы на гальванических производствах в различных отраслях промышленности, а также для развития и совершенствования теории и практики электроосаждения металлов и сплавов;

определены перспективы темы исследования, связанные с использованием полученных результатов для продолжения работы по дальнейшему совершенствованию технологии электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель.

Полученные результаты могут быть использованы на гальванических производствах в

различных отраслях промышленности, а также для развития и совершенствования теории и практики электроосаждения металлов и сплавов.

Перспективы дальнейшего развития исследований:

- исследование соосаждения сплава цинк-кобальт и цинк-железо из щелочного аминоцинкатного электролита;
- разработка и внедрение процессов осаждения защитно-декоративных цинк-кобальтовых и цинк-железных покрытий.

Оценка достоверности результатов исследования:

для экспериментальных работ достоверность результатов обусловлена применением современного сертифицированного оборудования с использованием корректно выбранных методик экспериментов и подтверждается воспроизводимостью экспериментальных результатов;

теория построена на известных, проверяемых данных и фактах и не противоречит опубликованными экспериментальным данным по теме диссертации;

идеи базируются на анализе полученных (проверяемых и воспроизводимых) экспериментальных результатов, учитывают имеющиеся в литературе сведения по исследуемой тематике и не противоречат известным закономерностям в области электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель;

использованы экспериментальные данные и теоретические выкладки, опубликованные в работах отечественных и зарубежных авторов

установлено отсутствие противоречия результатов литературным данным;

использованы общепринятые методики статистической обработки экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя:

– Поиск и анализ литературы по теме работы, выбор и освоение методик экспериментов.

– Постановка цели и задач работы.

– Выполнение экспериментов и анализ полученных данных.

– Разработка технологических процессов и участие в промышленных испытаниях.

Диссертационная работа Шелухина М.А. на тему «Разработка технологического процесса электроосаждения сплава цинк-никель из щелочного электролита» полностью соответствует пунктам «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. №103ОД. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача по разработке технологии электроосаждения защитно-декоративных покрытий сплавом цинк-никель, содержащих 12-14 % никеля, из щелочного электролита.

На заседании диссертационного совета РХТУ.2.6.07 РХТУ им. Д.И. Менделеева 17 декабря 2025 года принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Шелухину Михаилу Александровичу.

Присутствовало на заседании – 12 членов диссертационного совета,

в том числе в режиме видеоконференции – 3,

в том числе докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации:

