

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.03, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 18.06.2025 № 56

О присуждении Батмановой Татьяне Викторовне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Особенности коррозионно-электрохимического поведения диффузионных интерметаллических покрытий в щелочных и нейтральных средах» по специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 9 апреля 2025 г., протокол №56П, диссертационным советом 24.2.437.03, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, приказ № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Батманова Татьяна Викторовна, «03» декабря 1993 года рождения, в 2015 г. окончила бакалавриат по специальности 04.03.01 Химия, в 2017 г. с отличием окончила магистратуру по направлению 04.04.01 «Химия» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Челябинский государственный университет». В период с 2017 по 2021 гг. обучалась в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Челябинский государственный университет» по направлению 04.06.01 «Химические науки».

В настоящее время соискатель работает старшим преподавателем кафедры аналитической и физической химии химического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Челябинский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре аналитической и физической химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Челябинский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат химических наук, доцент Бирюков Александр Игоревич, проректор по научной работе, доцент кафедры аналитической и физической химии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет».

Официальные оппоненты:

Бережная Александра Григорьевна, доктор химических наук, доцент, заведующий кафедрой электрохимии, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»;

Дорохов Андрей Валерьевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории хранения и защиты техники от коррозии, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном Юрием Павловичем Зайковым, доктором химических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология электрохимических производств» и утвержденном проректором по науке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктором физико-математических наук, доцентом Германенко Александром Викторовичем, указала, что диссертационная работа Батмановой Татьяны Викторовны по экспериментальному уровню, научной новизне и практической значимости отвечает все требованиям, предъявляемым ВАК к 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. Автореферат отражает основное содержание и выводы диссертации. Диссертационная работа Батмановой Татьяны Викторовны является научно-квалификационной работой, в которой получены новые научно обоснованные данные о коррозионных свойствах диффузионных

интерметаллических покрытий в нейтральных средах, имеющих важное значение для совершенствования технологии защиты металлов от коррозии. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия и отвечает требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Соискатель имеет 36 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 23 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ. В диссертацию включены результаты, полученные автором лично, авторский вклад в публикации составляет 66,7 стр. (3,71 п.л.). В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Biryukov A.I. et al. Corrosion of the diffusion zinc coatings in neutral chloride solutions / A.I. Biryukov, D.A. Zakharyevich, R.G. Galin, T.V. Batmanova, V.E. Zhivulin, M.N. Ulyanov, A.G. Fazlitdinova, E.V. Zhizhin, A.V. Koroleva, I.A. Kasatkin, O.A. Kozaderov // *Int. J. Corros. Scale Inhib.* – 2024. – V. 13. – №1. – p. 337–356. (4 c./ 7 c.) *Scopus, Web of Science (Q2)*

2. Biryukov A.I. et al. Features of the corrosion of coatings based on zinc alloys: oxidation products and the selective dissolution of zinc. Review / A. I. Biryukov, O.A. Kozaderov, T.V. Batmanova // *Condensed Matter and Interphases.* – 2024. – V. 26. – №. 1. – p. 25-36. (7 c./ 12 c.) *перечень ВАК, Scopus (Q4)*

3. Biryukov A.I. et al. Corrosion of diffusion zinc coatings in sodium chloride solutions / A.I. Biryukov, D.A. Zakharyevich, T.V. Batmanova, R.G. Galin, M.N. Ulyanov, V.E. Zhivulin // *Chimica Techno Acta.* – 2022. – V. 9. – №. 4. – № 20229421. (4 c./ 6 c.) *Scopus (Q4)*

4. Biryukov A.I. et al. Corrosion of diffusion iron-zinc coatings (δ -phase) in an alkaline medium / A.I. Biryukov, O.A. Kozaderov, D.A. Zakharyevich, R.G. Galin, L.O. Burmistrov, T.V. Batmanova // *Int. J. Corros. Scale Inhib.* – 2021. – V. 10. – №. 4. – p. 1677-1688. (8 c./ 12 c.) *Scopus, Web of Science (Q2)*

5. Biryukov A.I. et al. et al. A layer-by-layer analysis of the corrosion properties of diffusion zinc coatings / A.I. Biryukov, R.G. Galin, D.A. Zakharyevich, A. Wassilkowska, A.V. Kolesnikov, T.V. Batmanova // *Archives of Metallurgy and Materials.* – 2020. – V. 65. – №1. – p. 99-102. (3 c./ 4 c.) *Scopus, Web of Science (Q3)*

6. Biryukov A.I. et al. The effect of the chemical composition of intermetallic phases on the corrosion of thermal diffusion zinc coatings / A.I. Biryukov, R.G.

Galin, D.A. Zakharyevich, A.V. Wassilkowska, T.V. Batmanova // Surface and coatings technology. – 2019. – V. 372. – p. 166-172. (4 c./ 7 c.) *Scopus (Q1)*

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) Ведущая организация ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Технология электрохимических производств». Замечания и вопросы: 1. На стр. 8 одно из положений, выносимых на защиту сформулировано как «новый способ получения покрытий NiZn и FeNiZn диффузионным цинкованием». Способ диффузионного цинкования не является новым, тогда как сочетание гальванического покрытия с последующим нанесением диффузионного покрытия, можно отнести к достижениям автора. 2. Почему в качестве среды для проведения исследований свойств покрытий FeZn и NiZn были выбраны растворы 2 и 5 моль/л NaOH, в которых цинк, как амфотерный металл и его оксиды хорошо растворяются с образованием растворимых комплексных соединений. В данных растворах механизм растворения цинка отличается от коррозии цинковых покрытий в слабощелочных средах. 3. В методике не приведены данные о химическом составе и среднем размере частиц порошка цинка, который использовали для диффузионного цинкования. Каким образом осуществляли модифицирование поверхности частиц цинка? 4. Осталось не ясно, с чем связано существенное отличие в содержании цинка в поверхностном слое диффузионных покрытий FeZn и NiZn (рис. 2.2). 5. Коррозионные процессы относятся к стохастическим процессам, поэтому для получения каких-либо закономерностей необходимо иметь большую выборку данных. В тексте диссертации нет информации о количестве параллельных образцов и статистической обработке результатов коррозионных исследований (за исключением рис. 2.1, где указаны интервалы ошибок). 6. Каким образом удаляли продукты коррозии, если процесс растворения цинка носил селективный характер? 7. При длительной выдержке скорость коррозии уменьшается вследствие того, что часть поверхности блокирована продуктами коррозии, поэтому не понятно, почему через месяц испытаний скорость коррозии диффузионных покрытий в растворе 3 % хлорида натрия выше (табл. 3.1), чем через 30 минут в растворе 5 моль/л NaOH (рис. 3.3), где идет активное растворение цинка. 8. Автором допущена опечатка: на рисунке 3.3 и в таблицах 3.1, 3.4, 3.8 в обозначении величин скорости коррозии и плотности коррозионного тока неверно указан коэффициент пересчета, что приводит к завышенным на 4 порядка значениям скоростей коррозии. 9. В работе встречаются научные жаргонизмы: морфологическое развитие поверхности и морфологически развитые материалы (стр. 5), обменный ток

(стр. 17), холостой раствор (стр. 60, 73), точки зародышеобразования продуктов коррозии (стр. 40), никелевая компонента (стр. 44). В обзоре литературы приводятся заключения, не соответствующие практике применения покрытий: цинковые покрытия часто используются для защиты от коррозии стальных изделий в условиях повышенной щелочности (стр. 16), оцинкованная сталь подвергается щелочной обработке (стр. 16), а также стилистические ошибки, например, «... анионы $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$, которые поглощают ионы OH^- ...» (стр. 17). 10. Замечания по оформлению диссертации: рисунки 1.3, 1.4, 2.4, 3.1-3.2, 3.4, 3.18, 3.24 мелкие, трудно читаются; рисунок 3.13 содержит слишком много кривых, поэтому он мало информативен. Необходимо отметить слишком большой объем обзора литературы (с введением более 46 страниц при общем объеме текста 113 страниц), выводы по отдельным главам на самом деле представляют собой заключения, причем по главе 3.3 заключение составляет более 6 страниц, то есть фактически это анализ результатов, а не выводы и не заключение.

2) Александра Григорьевна Бережная, доктор химических наук, доцент, зав. кафедрой электрохимии ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет». Замечания и вопросы: 1. Автором проведена большая работа по сопоставлению скорости коррозии диффузионных покрытий Fe-Zn и Ni-Zn с близким содержанием электроотрицательного компонента в щелочных и нейтральных средах. При анализе преимущественное внимание сосредоточено на растворении покрытий и установлении состава анодных продуктов. К сожалению, в работе мало внимания уделено катодной реакции и возможным деполяризаторам коррозионного процесса в нейтральных и щелочных средах. В нейтральной среде рассматривается только кислородная деполяризация, но как тогда объяснить разную скорость коррозии покрытий? 2. Автором установлено, что в щелочных средах более коррозионностойким является покрытие железо-цинк, а в нейтральных реализуется обратное – более стойким является покрытие никель-цинк. Этот достаточно интересный результат не нашел отражения ни в обсуждении, ни в выводах. Примененный в работе комплекс физико-химических методов исследования, очевидно, вполне позволял восполнить этот пробел. 3. В ряде случаев наблюдается нелинейная зависимость скорости коррозии покрытий (например, железо-цинк, стр. 72) от толщины. Автор не комментирует полученные данные, в чем причина данного явления? 4. Потенциалы коррозии, представленные в таблице 3.3 и на рисунке 3.13, существенно отличаются. Каковы причины отличия? 5. Достаточно серьезное внимание автор уделяет образованию в продуктах растворения разных комплексов цинка, никеля и железа, причем в случае соединений железа рассматривает только соли Fe^{3+} . Насколько

обоснован отказ от соединений Fe^{2+} , ведь опыты проводились в герметично закрытых емкостях, растворимость кислорода не столь высока, а тратится большая часть его на окисление цинка? Подтверждено ли отсутствие данных ионов инструментально или приблизительными расчетами? 6. Не совсем представляется обоснованной выбранная скорость сканирования потенциала (5 мВ/с) при снятии поляризационных кривых и выбор концентрации щелочи (2 и 5М, $\text{pH} > 13$) для исследования. Судя по диаграмме Пурбе обе концентрации NaOH отвечают одной области. Не указано, каким образом с поверхности покрытий удалялись продукты коррозии. 7. Не ясно, насколько хорошо воспроизводились получаемые автором результаты при гравиметрических и поляризационных измерениях. Данных о статистической обработке результатов в работе нет. 8. Предположение автора об образовании твердого раствора цинка по цементационному механизму несколько сомнительно вследствие отсутствия катионов положительного компонента в растворе. 9. В целом работа очень грамотно и логично изложена. Однако, встречаются неточности в применяемой терминологии или неудачные формулировки. Например: при описании поляризационных кривых (с ростом поляризации растет не коррозионный ток, а анодный); исследованы и обсуждаются в работе потенциалы коррозии (компромиссные или бестоковые), а не электродные потенциалы покрытий; разделение «истинного» и преимущественного растворения сплавов (и то, и другое является селективным); «электродные потенциалы измеряли с поверхности покрытий с продуктами коррозии и без них» - неудачно построенное предложение.

3) Андрей Валерьевич Дорохов, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории хранения и защиты техники от коррозии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве». Замечания и вопросы: 1. В таблице 1.1 из 2 твердых веществ одним называется вода. 2. Рис. 2.1 Как Вы можете объяснить уступы на графике зависимости толщины покрытия от времени цинкования. 3. Рис. 2.2 Является ли оптимальной толщина диффузионного слоя покрытия, при которой содержание цинка в поверхностном слое перестает от нее зависеть. 4. Рис. 3.1, 3.2, 3.4, 3.12, 3.14, 3.15 кривые правильнее подписать 1, 2, 3, как и столбики на диаграмме 3.3, а не обозначать цветом. 5. Рис. 3.5, 3.6, 3.7, 3.10, 3.11, 3.16, 3.17 Нужно в подписи к рисунку указать увеличение. 6. Почему нигде не упоминается протекторная защита стали и никеля цинком? 7. С чем Вы связываете, что покрытия FeZn с толщиной 35 – 45 мкм имеют минимальную скорость коррозии среди всех исследованных FeZn покрытий, а при увеличении и

уменьшении толщины скорость коррозии возрастает существенно или незначительно? 8. Выводы к разделам должны быть краткие и конкретные по описанным выше результатам. А у автора, например, выводы к главе 3.3 изобилуют данными, которые вообще не упоминаются по тексту раздела.

4) Артем Владимирович Шаров, кандидат химических наук, доцент кафедры физической и прикладной химии, старший научный сотрудник лаборатории «Перспективные материалы для индустрии и биомедицины», проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет». Замечания и вопросы: 1. Следовало бы добавить электронно-микроскопические изображения исходных FeZn и NiZn. Тогда рисунки 3 и 6 были бы более информативными. 2. В пояснении к рисунку 8 приводятся достаточно тонкие характеристики пика валентных колебаний гидроксогрупп. Полоса 3494 см^{-1} отнесена к основному хлориду цинка, полоса 3396 см^{-1} – к гидроксиду цинка. На этих же спектрах по пику около 1600 см^{-1} делается вывод о возможном присутствии межслоевой воды. Но правомочны ли тогда выводы приведенные выше? Воды может закрыть все в районе 3400 см^{-1} .

5) Михаил Андреевич Плетнев, доктор химических наук, доцент, зав. кафедрой «Химия и химическая технология» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова». Отзыв положительный, замечаний не имеет.

6) Ирина Валерьевна Костицына, кандидат технических наук, главный технолог отдела технологического анализа и мониторинга ООО «РН-БашНИПИнефть». Замечания и вопросы: 1. Практическая значимость проведенных исследований – где и в каких отраслях промышленности применяются или могут применяться диффузионные интерметаллические покрытия FeZn и NiZn? 2. Какие эксплуатационные ограничения по температуре, содержанию агрессивных компонентов, pH и другим факторам среды могут быть сформулированы по результатам проведенных исследований при разработке рекомендаций по применению диффузионных интерметаллических покрытий? 3. Автор сделал вывод в пользу перспективности применения гальванодиффузионных покрытий FeNiZn по сравнению с покрытиями FeZn. Какова экономическая эффективность применения покрытий FeNiZn с учетом удорожания материала?

7) Александр Васильевич Толчев, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры химической технологии и вычислительной химии ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет». Замечания и вопросы: Значимым дополнением к работе были бы карты распределения химических элементов по профилю коррозионного слоя.

8) Евгений Геннадьевич Ивашкин, кандидат технических наук, доцент, первый проректор – проректор по образовательной деятельности, заведующий кафедрой «Технология электрохимических производств и химии органических веществ» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» и Вячеслав Вячеславович Рогожин, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология электрохимических производств и химии органических веществ» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева». Замечания и вопросы: 1. Для измерения потенциалов в сильнощелочной среде целесообразно было бы использовать оксидно-ртутный электрод сравнения, а не хлорсеребряный электрод, который малоприспособлен для щелочных растворов. 2. Для объяснения причин протекающих коррозионных процессов в Вашем варианте реализуются элементы классической контактной коррозии, по которой можно использовать практические ряды потенциалов металлов оценивать совместимость металлов в конструкции. На основании такого подхода можно было бы составить модельные коррозионные диаграммы с описанием характерных реакций и определить влияние на них продуктов коррозии и интерметаллидов. 3. На показатели коррозии влияют поверхностные факторы, в том числе площадь истинной поверхности, которая будет меняться во времени. Здесь уместно было бы применить методы импеданса для измерения емкостных характеристик. А зная поверхностные характеристики и степень развития поверхности можно выйти на расчет отрицательного весового показателя (K), по которому оценивают коррозионную стойкость согласно ГОСТУ.

9) Сергей Максимович Решетников, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры фундаментальной и прикладной химии ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» и Елена Михайловна Борисова, кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет». Отзыв положительный, замечаний не имеет.

10) Мария Дмитриевна Плотникова, кандидат химических наук, доцент кафедры физической химии ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» и Анатолий Борисович Шеин, доктор химических наук, профессор кафедры физической химии ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет». Замечания и вопросы: 1. Каким образом проводилась модификация поверхности цинкового порошка, используемого для получения покрытий? Какова необходимость использования

модифицированного порошка? 2. На рисунках 3 и 6 представлены микрофотографии покрытий после коррозионного воздействия, которые позволяют увидеть неоднородность поверхности, поры, микротрещины и другие дефекты, однако так как не представлены аналогичные изображения исходных образцов, то сложно судить о причинах возникновения дефектов структуры. 3. Каким способом осуществлялся контроль толщины получаемых покрытий? 4. Чем объясняются различия электрохимических параметров до и после удаления слоя продуктов коррозии на поверхности при длительной выдержке в хлоридсодержащей коррозионной среде?

11) Виктория Вячеславовна Пантелеева, кандидат химических наук, доцент кафедры физической химии ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет». Замечания и вопросы: 1. Рассматривался ли механизм растворения – обратного осаждения при формировании пленки продуктов коррозии на исследованных образцах? Или предполагалось, что преобладает твердофазный процесс? 2. Согласно выводам №1 и №4, диффузионное покрытие NiZn и гальванодиффузионное покрытие FeNiZn имеют одинаковый фазовый состав поверхностного слоя, контактирующего с раствором электролита. Чем обусловлена более низкая скорость коррозии покрытий FeNiZn по сравнению с покрытиями NiZn?

12) Сергей Андрисович Силкин, кандидат технических наук, заведующий кафедрой химии, старший научный сотрудник управления научно-исследовательской деятельностью ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет». Замечания и вопросы: Хотелось бы видеть в автореферате итоговый механизм коррозионных процессов, но, вероятно, он представлен в диссертационной работе.

13) Нина Дмитриевна Соловьева, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств» ЭТИ (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.». Замечания и вопросы: 1. Марка материала подложки при диффузионном нанесении цинка? Будет ли влиять состав материала и его структура на получаемые результаты? 2. С чем связано неоднозначное влияние толщины покрытий FeZn, NiZn на плотность тока коррозии (таблица 1)? 3. Гальванически осажденный никель имеет толщину 1,5 мкм (стр. 17 автореферата). С чем связано значительное снижение плотности тока коррозии для гальванодиффузионных покрытий по сравнению с полученными диффузионно?

Выбор официальных оппонентов обосновывается наличием у оппонентов публикаций по теме диссертационного исследования, высоким

уровнем компетентности в области коррозионных и электрохимических исследований металлов и сплавов, защитных покрытий, и способностью определить научную новизну и практическую ценность диссертации. Выбор ведущей организации обосновывается наличием компетентных специалистов, а также тем, что одно из основных направлений научно-исследовательской деятельности соответствует тематике диссертации Батмановой Татьяны Викторовны, что подтверждается публикациями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная идея о влиянии эволюции морфологии и фазового состава коррозионного слоя на селективную коррозию сплавов на основе цинка;

предложен механизм коррозии покрытий на основе δ -фазы FeZn_{7-10} и γ -фазы $\text{Ni}_2\text{Zn}_{11}$ с учетом влияния химических реакций железа и никеля на формирование и эволюцию слоистых гидроксосоединений цинка;

доказана перспективность применения диффузионных интерметаллических покрытий на основе δ -фазы FeZn_{7-10} и γ -фазы $\text{Ni}_2\text{Zn}_{11}$ для защиты стальных изделий от коррозии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано образование в результате щелочной коррозии интерметаллических фаз FeZn и NiZn твёрдых растворов на основе цинка, а при коррозии в нейтральных средах различных прекурсоров слоистых гидроксосоединений цинка, что расширяет представления о коррозии интерметаллических сплавов цинка;

применительно к проблематике диссертации эффективно использованы методы электрохимического осаждения и термодиффузионной обработки для получения интерметаллических покрытий, а также комплекс методов исследования коррозионно-электрохимического поведения и современных физико-химических методов исследования состава, структуры и морфологии коррозионного слоя;

изложены результаты физико-химического анализа диффузионных интерметаллических покрытий FeZn и NiZn , результаты определения фазового состава продуктов коррозии покрытий в щелочных и нейтральных растворах;

изучено влияние химической природы легирующего компонента на формирование и эволюцию продуктов коррозии интерметаллических диффузионных покрытий.

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

разработан способ получения гальванодиффузионных покрытий FeNiZn комбинированием электроосаждения и диффузионного цинкования;

определены скорость коррозии, характер коррозионного процесса и природа продуктов коррозии интерметаллических диффузионных покрытий FeZn и NiZn, которые позволяют прогнозировать срок эксплуатации покрытий в различных условиях;

сформулированы практические рекомендации по получению интерметаллических диффузионных покрытий FeZn и NiZn, комбинированных покрытий FeNiZn, что может быть использовано в разработке методов антикоррозионной защиты металлов;

представлены возможности управления толщиной, химическим и фазовым составом диффузионных покрытий на основе сплавов цинка, что расширяет возможности их применения в антикоррозионной защите.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность полученных результатов обеспечивается использованием комплекса аттестованных высокоточных современных приборов и взаимодополняющих физико-химических методов исследования состава, структуры, морфологии и свойств материалов, коррозионно-электрохимического поведения, а также соответствием результатов, полученных с помощью различных методов;

представленные выводы о механизме коррозии согласуется с положениями современной теории электрохимической коррозии металлов;

идея базируется на обобщении современного опыта теории и практики ведущих зарубежных и российских исследований в области исследования коррозии металлов и сплавов, а также создания антикоррозионных покрытий;

установлено соответствие результатов, полученных в данной диссертационной работе, представленным сведениям в известных работах других авторов.

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературных данных, изготовлении и подготовке образцов покрытий, проведении исследований электрохимическими и физическими методами анализа, обработке экспериментальных данных. Обсуждение и обобщение полученных результатов выполнены автором совместно с научным руководителем и соавторами публикаций.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, основной идейной линии, и взаимосвязи выводов с целью работы. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия:

п. 6. – Химические превращения, потоки массы, энергии и энтропии пространственных и временных структур в неравновесных системах.

п. 7 – Макрокинетика, механизмы сложных химических процессов, физикохимическая гидродинамика, растворение и кристаллизация.

п. 12 – Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания и вопросы.

1. У вас образуются в результате коррозии, непрерывно растут продукты на поверхности, они осыпаются, как видно из данных, коррозия продолжается. Как это работает как защитное покрытие, если идет непрерывное производство продуктов, то, что мы защищаем на самом деле.

2. На 16 слайде в правом верхнем углу распределение никеля, железа и цинка. Мы видим, что наружный слой толщиной 7 мкм содержит никель, а потом идет слой с железом. У Вас во время коррозии коррозия проникает глубже, чем этот слой? Этот слой постепенно исчезает, и как это отображается на потенциалах, скорости коррозии, измеряемых Вами свойствах? То есть граница, которая по мере износа, по мере растворения, по мере разрушения наружного слоя, она Вами как-то регистрируется на токах, потенциалах? Как-то Вы это видите: был наружный слой, содержащий NiZn фазу, а потом он кончился и пошло разрушение FeZn?

3. На 11 слайде прозвучало «мы удаляли продукты коррозии». А как Вы их удаляли? Насколько легко они удаляются: тряпочкой протерли, шкуркой, напильником?

Соискатель Батманова Т.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела свою аргументацию:

1. Да, действительно. Как раз продукты коррозии обладают «барьерным эффектом», так называемым. То есть они находятся на поверхности покрытия, они препятствуют доступу коррозионной среды к поверхности покрытия, то есть доступу электролита, за счет своей низкой электропроводности, ионной проводимости.

2. На самом деле мы регистрировали гравиметрическую скорость коррозии для данных покрытий соответственно и, согласно расчетам, за 1 месяц коррозии, в течение которого данные покрытия эксплуатировались в среде хлорида натрия, у нас толщина снятого слоя составила 0,5 мкм. То есть мы не ушли дальше фазы NiZn в течение месяца. При этом значения электродных потенциалов как можно

увидеть, взять эти электрохимические характеристики, они у нас за 1 месяц облагородились, а плотность тока при этом очень сильно снизилась. То есть мы регистрировали, действительно, изменение физико-химических параметров и то, насколько у нас прокорродировало покрытие.

3. Продукты коррозии удаляли пластиковым шпателем.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой содержится научно обоснованное решение научной задачи, имеющей значение для развития физической химии – установление физико-химических основ селективной коррозии интерметаллических сплавов на основе цинка, имеющих значение для разработки диффузионных интерметаллических покрытий, перспективных для антикоррозионной защиты.

На заседании 18 июня 2025 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи о влиянии компонентов сплава на структурно-фазовое состояние продуктов коррозии при селективном растворении интерметаллических фаз на основе цинка, присудить Батмановой Татьяне Викторовне учёную степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали: за – 17, против – 0.

Председатель
диссертационного
совета 24.2.437.03



Жеребцов Дмитрий Анатольевич

Ученый секретарь
диссертационного
совета 24.2.437.03

Созыкин Сергей Анатольевич

Дата оформления заключения 18 июня 2025 г.