

**Протокол № 451**  
заседания диссертационного совета 24.2.288.04  
от 29.01.2026

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 17 человек.  
Присутствовали на заседании 15 человек.

**Председатель:** д. хим. наук, профессор Введенский Александр Викторович

**Присутствовали:**

1.	Введенский Александр Викторович	д. х. н., 1.4.4
2.	Козадеров Олег Александрович	д. х. н., <b>1.4.6</b>
3.	Семенов Виктор Николаевич	д. х. н., 1.4.1
4.	Хохлова Оксана Николаевна	к. х. н., 1.4.4
5.	Бобрешова Ольга Владимировна	д. х. н., <b>1.4.6</b>
6.	Бутырская Елена Васильевна	д. х. н., 1.4.4
7.	Васильева Вера Ивановна	д. х. н., <b>1.4.6</b>
8.	Завражнов Александр Юрьевич	д. х. н., 1.4.1
9.	Томина Елена Викторовна	д. х. н., 1.4.1
10.	Козадерова Ольга Анатольевна	д. х. н., <b>1.4.6</b>
11.	Кострюков Виктор Федорович	д. х. н., 1.4.1
12.	Кравченко Тамара Александровна	д. х. н., 1.4.4
13.	Овчинников Олег Владимирович	д. ф-м. н., 1.4.1
14.	Селеменев Владимир Федорович	д. х. н., 1.4.4
15.	Хохлов Владимир Юрьевич	д. х. н., 1.4.4

**ПОВЕСТКА ДНЯ:** защита диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук Тинаевой Алиной Евгеньевной на тему «Кинетика электрокристаллизации цинка и никеля при катодном соосаждении из глицинсодержащих хлоридно-аммонийных электролитов» по специальности 1.4.6. Электрохимия.

Из 6 членов совета по специальности 1.4.6. Электрохимия присутствует 4.

**Научный руководитель**

**Козадеров Олег Александрович** доктор химических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», химический факультет, кафедра физической химии, заведующий.

**Официальные оппоненты по диссертации:**

**Гутерман Владимир Ефимович**, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», химический факультет, главный научный сотрудник,

**Шеханов Руслан Феликсович**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет», кафедра технологии керамики и электрохимических производств, профессор.

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, г. Москва.

**СЛУШАЛИ:**

Защиту диссертационной работы Тинаевой Алины Евгеньевны «Кинетика электрокристаллизации цинка и никеля при катодном соосаждении из глицинсодержащих хлоридно-аммонийных электролитов» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия.

Вопросы задали: д. хим. наук Кравченко Т.А., д. хим. наук Завражных А.Ю., д. хим. наук Бутырская Е.В., д. хим. наук Введенский А.В.

В обсуждении диссертационной работы приняла участие: д. хим. наук Кравченко Т.А., д. хим. наук Селеменев В.Ф., д. хим. наук Введенский А.В.

**ПОСТАНОВИЛИ:**

На основании протокола № 1 счетной комиссии считать, что диссертация Тинаевой Алины Евгеньевны отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия.

**Результаты голосования:** 15 – «за»; «против» – нет; недействительных бюллетеней – нет.

*Стенограмма, Протокол счетной комиссии и Заключение диссертационного совета прилагаются.*

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета

29.01.2026



Введенский Александр Викторович

Хохлова Оксана Николаевна

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.288.04,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,  
МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 29.01.2026 г., № 451

О присуждении Тинаевой Алине Евгеньевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Кинетика электрокристаллизации цинка и никеля при катодном соосаждении из глицинсодержащих хлоридно-аммонийных электролитов» по специальности 1.4.6. Электрохимия принята к защите 13 ноября 2025 г. (протокол заседания № 450) диссертационным советом 24.2.288.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», Минобрнауки России, 394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1, приказ Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Тинаева Алина Евгеньевна, 26.11.1998 года рождения, работает ассистентом кафедры физической химии химического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2021 году соискатель окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет».

В 2025 г. окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет».

Диссертация выполнена на кафедре физической химии химического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор химических наук, доцент Козадеров Олег Александрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», химический факультет, кафедра физической химии, заведующий.

Официальные оппоненты:

Гутерман Владимир Ефимович, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», химический факультет, главный научный сотрудник,

Шеханов Руслан Феликсович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет», кафедра технологии керамики и электрохимических производств, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, г. Москва в своем положительном отзыве, подписанном Кузнецовым Юрием Игоревичем, доктором химических наук, профессором, научным руководителем направления «Химическое сопротивление материалов, защита металлов и других материалов от коррозии и окисления», Поляковым Николаем Анатольевичем кандидатом химических наук, заведующим лабораторией строения поверхностных слоев и Гамбургом Юлием Давидовичем, доктором химических наук, профессором, ведущим научным сотрудником лаборатории строения поверхностных слоев, указала, что диссертационная работа А.Е. Тинаевой является завершённой научно-исследовательской работой, в которой решен ряд актуальных задач в области электроосаждения сплавов цинк-никель, в частности установлены кинетические закономерности и определены диффузионно-кинетические параметры гетерогенного зародышеобразования и роста новой фазы при аномальном электроосаждении цинка и никеля из хлоридно-аммонийного электролита в присутствии глицина. Диссертационная работа А.Е. Тинаевой соответствует паспорту специальности 1.4.6 Электрохимия (пп. 4, 8, 9), и полностью удовлетворяет требованиям, установленным пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Тинаева Алина Евгеньевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6 Электрохимия.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы. Основные результаты работы доложены на 16 Международных и Всероссийских конференциях. Работы посвящены установлению кинетических закономерностей катодного соосаждения цинка и никеля из хлоридно-аммонийных и хлоридно-аммонийно-глицинатных водных растворов.

В диссертации Тинаевой А.Е. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Авторский вклад составляет 85 %, общий объем – 4.8 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Tinaeva A.E. Kinetics of nucleation at the electrodeposition of zinc and nickel from ammonium chloride electrolytes / A.E. Tinaeva, O.A. Kozaderov // *Russian Journal of Electrochemistry*. – 2024. – V. 60, № 10. – P. 795-806.

2. Burlyaev D.V. Electrodeposition of zinc–nickel coatings from glycine-containing ammonium-chloride electrolyte / D.V. Burlyaev, A.E. Tinaeva, K.E. Tinaeva, O.A. Kozaderov // *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. – 2020. – T. 56, № 3. – P. 552–559.

3. Kozaderov O.A. Cathodic deposition of zinc-nickel coatings from a dilute ammonium chloride electrolyte with a high glycine concentration / O.A. Kozaderov, K.E. Tinaeva, A.E. Tinaeva, D.V. Burliaev // *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granitsy [Condensed Matter and Interphases]*. – 2020. – V. 22, № 3. – P. 320-326.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов:

1) **Смирнова Нина Владимировна**, доктор химических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет

(НПИ) имени М.И. Платова», кафедра «Химические технологии», профессор - отзыв без замечаний.

2) **Винокуров Евгений Геннадьевич**, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», кафедра аналитической химии, профессор - отзыв без замечаний.

3) **Грищенко Ольга Владимировна**, кандидат химических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория электродных процессов и гальванотехники, научный сотрудник, вопросы и замечания:

1. Местами используется нетипичная терминология. Желательно заменить ее на общепринятую, например, константа скорости нуклеации, смешанный диффузионно-кинетический контроль, механизм прогрессирующей нуклеации, бинарный сплав (вместо биметаллическое покрытие). Кроме того, обозначения для процесса выделения водорода в тексте и в формулах должны быть одинаковы (либо РВВ, либо РR).

2. В п.1 раздела, касающегося научной новизны, указано, что «кинетика катодного соосаждения цинка и никеля является смешанной диффузионно-электрохимической», в то время как в заключении говорится, что «кинетика процесса электроосаждения цинк-никелевых сплавов для растворов без глицина и с добавлением глицина одинакова: лимитирующей стадией является диффузионный массоперенос». Из экспериментальных данных, представленных в автореферате, следует, что диффузионный контроль реализуется в растворах без глицина, а смешанный (массоперенос и перенос заряда) – в растворах с его добавкой.

3. Почему для изучения механизма и кинетики электрокристаллизации был выбран электрод из золота (является ли он индифферентным в данном случае)? Проводилась ли предварительная подготовка поверхности электрода?

4. В модели Díaz-Morales вклады компонентов зависят от коэффициентов диффузии, концентрации и заряда ионов осаждаемых металлов и не учитывают возможность аномального соосаждения из-за гидроксидного подавления. В какой мере это могло повлиять на точность расчета?

5. Как при расчетах определяли изменение мольной доли компонентов сплава в ходе электролиза?

6. В модели Palomar-Pardave предполагается, что выделение водорода происходит на поверхности каталитически активной новой фазы. В данном случае, новая фаза содержит как никель, так и цинк, неактивный в этом отношении. Было ли это учтено при расчетах?

7. Как правило, количество активных центров резко увеличивается с ростом перенапряжения. Чем объясняется независимость значения  $N_0$  или даже ее снижение в растворе Р1 при возрастании катодного потенциала?

4) **Киреев Сергей Юрьевич**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», факультет химических технологий, электроэнергетики и транспорта, декан, замечания:

1. В разделе о степени разработанности темы упоминаются работы по кинетике нуклеации индивидуальных металлов (Соцкая, Трехо и др.), но для сплавов Zn-Ni в хлоридно-аммонийных средах ссылки ограничены. Было бы полезно

добавить анализ недавних исследований (например, по влиянию буферных систем на аномалию соосаждения), чтобы полнее обосновать пробел в литературе.

2. В выводах о практической значимости целесообразно уточнить диапазон потенциалов осаждения (-860 мВ до -1000 мВ), где вклад реакции выделения водорода минимален, с рекомендациями по оптимизации выхода по току в промышленных условиях, например, путем указания на корреляцию с рН и концентрацией глицина.

5) **Кушхов Хасби Билялович**, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова, кафедра неорганической и физической химии, заведующий, вопросы:

1. Не допускает ли автор, что аномальное соосаждение ионов никеля и цинка в хлоридно-аммонийном электролите может быть связано с образованием биядерных комплексов никеля и цинка, восстанавливающегося при более отрицательных потенциалах, чем потенциал электровосстановления ионов никеля при отсутствии в растворе ионов цинка?

2. В автореферате не приведены рентгенограммы катодных осадков. При потенцио- и гальваностатическом электролизе образуется сплав никеля и цинка или смесь атомов цинка и никеля?

3. Введение глицина, как утверждает диссертант, способствует снижению доли гидроксокомплексов и стабилизации рН раствора. Это в свою очередь препятствует образованию трудно растворимых гидроксокомплексов цинка на поверхности электрода. Не должно ли в этих условиях происходить разделение потенциалов выделения никеля и цинка?

6) **Липкин Михаил Семенович**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», кафедра «Химические технологии», заведующий, замечания:

1. Использование выражения «аномальное электроосаждение» является проблематичным, так как соотношение концентраций компонентов в электролите и в сплаве скорее не будут одинаковыми, поэтому наблюдаемый эффект скорее относится к типичным.

2. Выражение на с. 11 автореферата «кинетическая стадия переноса заряда является необратимой» некорректна, поскольку эта стадия для кинетики процесса не является обратимой по определению.

3. Из автореферата неясно, исследовал ли автор гальваностатический режим осаждения, поскольку предлагаемый потенциостатический режим характеризуется меньшей производительностью, что важно для практических применений.

7) **Останина Татьяна Николаевна**, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Уральский федеральный университет, химико-технологический институт, кафедра «Технологии электрохимических производств», профессор, вопросы:

1. С какой целью снимали циклические вольтамперограммы, если, судя по тексту автореферата, исследовали только катодные процессы и все выводы были сделаны на основе анализа катодных вольтамперограмм (рис. 2)?

2. Каким образом по катодным кривым, представленным на рис. 2, определили, что осаждение никеля в присутствии ионов цинка начинается «при

намного менее отрицательных потенциалах)? Из представленных кривых это не очевидно.

3. На рисунке 5 представлены данные о содержании никеля в покрытиях, полученных за разное время. Однако больший интерес представляют данные о том, как меняется состав сплава по толщине и как это может повлиять на коррозионно-защитные свойства покрытий.

4. На стр. 5 автореферата идет речь о разработке автором нового глицинсодержащего хлораммонийного электролита, однако пояснений о том, чем предполагаемый электролит отличается от уже известных, не приведено.

8) **Пантелеева Виктория Вячеславовна**, кандидат химических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский университет», кафедра физической химии, доцент, вопрос:

1. На стр. 5 в разделе «Теоретическая и практическая значимость исследования» отмечается, что соискателем разработан новый глицинсодержащий хлоридно-аммонийный электролит для получения ZnNi-покрытий, характеризующихся повышенной противокоррозионной стойкостью в нейтральных средах. Во сколько раз коррозионная стойкость покрытий, электроосажденных из предложенного электролита, превышает стойкость покрытий, полученных из растворов К1 и К2 (табл. 2)?

9) **Школьников Евгений Васильевич**, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова», кафедра химии, профессор, вопросы и замечания:

1. Какими средствами (датчики, измерительный прибор, время электродного отклика) и с какой погрешностью измеряли показатель pH приэлектродного слоя электролита (рис. 9)?

2. В автореферате отсутствуют сведения о контроле температуры электролитов, влияющей на скорость осаждения, коррозии и качество покрытий, скорость и степень гидролиза солевых компонентов.

3. Корректное моделирование ионного состава растворов в быстрых (до 500 с) процессах электроосаждения (рис. 10-13) расчетом распределительной диаграммы химических равновесий затруднено из-за возможной неравновесности системы, различной кинетической стабильности комплексов цинка и никеля, значительной неопределенности по величине термодинамических констант гидролиза ионов и устойчивости комплексов.

Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также достоверность результатов. Замечания носят частный характер и определяют перспективу дальнейших исследований в предложенном диссертантом направлении.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработан** новый подход к установлению кинетических закономерностей аномального катодного соосаждения цинка и никеля из кислых водных хлоридно-аммонийных растворов, учитывающий процессы выделения водорода и

адсорбционного накопления компонентов раствора на электроде и позволяющий оценить скорость электрокристаллизации металлов при формировании биметаллического Zn,Ni-покрытия;

**предложен** механизм совместного электроосаждения цинка и никеля из водных хлоридно-аммонийных и хлоридно-аммонийно-глицинатных растворов, включающий стадии комплексообразования, нестационарной диффузии, зародышеобразования и роста новой фазы;

**доказано**, что 3D-нуклеация при электроосаждении никеля, цинка и Zn,Ni-сплавов из хлоридно-аммонийных водных растворов протекает по механизму непрерывной активации центров зародышеобразования, а рост новой фазы при этом контролируется диффузией ионов к поверхности электрода;

**введены** представления о влиянии глицина на аномальное соосаждение цинка и никеля из хлоридно-аммонийных электролитов, заключающемся в поддержании низкого значения pH приэлектродного слоя, снижении доли гидроксокомплексов цинка и никеля и образовании более прочных глицинатных комплексов с ионами осаждаемых металлов.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказано**, что в хлоридно-аммонийных электролитах, при всех изученных концентрациях основных компонентов (хлоридов цинка, никеля и аммония) и глицина, катодное соосаждение цинка и никеля включает необратимые стадии нестационарного диффузионного массопереноса и переноса заряда;

**применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс современных физических, электрохимических и микроскопических методов исследований: вольтамперометрии, хроноамперометрии, потенциометрии, рентгеновской дифракции, растровой электронной микроскопии, рентгеновского энергодисперсионного микроанализа, а также методов математического моделирования;

**изложена** процедура установления механизма электрокристаллизации и определения диффузионно-кинетических параметров гетерогенного зародышеобразования/роста новой фазы при аномальном электроосаждении цинка и никеля из хлоридно-аммонийного электролита, при разных значениях концентрации глицина и потенциала осаждения;

**раскрыта** роль глицина в кинетике катодного соосаждения никеля и цинка из хлоридно-аммонийных электролитов: введение органической добавки в раствор способствует снижению константы скорости нуклеации, увеличению содержания никеля в катодном осадке, росту выхода по току и сглаживанию поверхности осаждаемого биметаллического покрытия;

**изучена** зависимость атомной доли никеля в Zn,Ni-покрытии от времени осаждения, что позволяет учесть изменение его состава при установлении кинетики электрокристаллизации в условиях аномального соосаждения компонентов;

**проведена модернизация** модели гетерогенной нуклеации Шарифкера-Мостани с учетом изменения химического состава цинк-никелевого покрытия во времени, в рамках которой определены основные диффузионно-кинетические параметры электрокристаллизации (константа скорости активации и плотность центров зародышеобразования) при аномальном соосаждении цинка и никеля из хлоридно-аммонийных растворов.

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

**разработан** способ получения гальванических Zn,Ni-покрытий с варьируемой морфологией и повышенной противокоррозионной стойкостью в нейтральных средах;

**определены** условия электрохимического синтеза Zn,Ni-покрытий на основе цинка методом катодного соосаждения цинка и никеля из кислого хлоридно-аммонийного водного раствора, введение добавки глицина в который позволяет регулировать содержание никеля в покрытии;

**созданы** научные основы электрохимического формирования бинарных интерметаллических Zn,Ni-систем в условиях аномального соосаждения металлов из хлоридно-аммонийных и хлоридно-аммонийно-глицинатных водных растворов;

**представлены** перспективы практического использования полученных результатов для потенциостатического синтеза Zn,Ni-покрытий на основе цинка, которые могут стать основой для получения новых электродных материалов с заданными химическим составом и морфологией поверхности.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** результаты получены с использованием комплекса физико-химических методов исследований с применением современной контрольно-измерительной аппаратуры, показана воспроизводимость результатов;

**теория**, основанная на известных методах описания кинетики процессов гетерогенного зародышеобразования и роста новой фазы при электрохимическом осаждении металлов, позволила предложить физико-химический механизм процесса электрокристаллизации бинарных интерметаллических систем в условиях диффузионно-контролируемого роста новой фазы, определить его количественные характеристики и интерпретировать их зависимость от условий проведения эксперимента;

**идея базируется** на обобщении накопленных результатов и развитии современных подходов к изучению кинетических закономерностей электрокристаллизации при катодном аномальном соосаждении металлов из водных растворов и установлении роли органических соединений в кинетике таких процессов;

**использовано** сравнение авторских данных с представленными в литературе, полученными ранее другими исследователями по рассматриваемой тематике;

**установлено**, что полученные в диссертационном исследовании результаты не противоречат фундаментальным физико-химическим закономерностям и согласуются с результатами других авторов.

**Личный вклад соискателя состоит** в участии в общей постановке задач исследования, систематизации литературных данных, подготовке, планировании и проведении экспериментальных исследований, обработке и интерпретации полученных результатов и подготовке публикаций.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Заданы следующие вопросы: 1) Зародыши какой фазы (или каких фаз) образуются в случае соосаждения никеля и цинка? Образуется ли твердый раствор на основе никеля? 2) Какова общая толщина осажденного слоя? 3) При используемых толщинах можно применять рентгенофазовый анализ для установления состава образующихся фаз, которые группируются в окрестности 50% цинка, затем около состава NiZn<sub>3</sub> и, наконец, самая обогащенная фаза включает примерно 90% Zn, и все они могут быть получены в зависимости от условий. Какие именно фазы образуются в Вашем случае? 4) Вы проводили расчет состава различных ионных форм в водных хлоридных растворах электролитов, учитывали ли возможность образования

хлоридных комплексов, использовали ли в расчетах константы нестойкости хлоридных комплексов (на слайдах они не были показаны)? 5) Вы сравниваете скорости осаждения никеля, сплава и цинка, но в случае сплава Вы имеете в виду осаждение никеля в сплав? 6) Вы используете понятие «гидроксидного подавления» из-за образования гидроксида цинка. При какой температуре проводили эксперимент, учитывая, что при температуре больше  $50^{\circ}\text{C}$  может образоваться гидроксид никеля? И была ли щелочной среда, чтобы стало возможным образование гидроксида цинка? 7) Что Вы понимаете под «аномальным» осаждением сплава? Осаждение может идти в той же пропорции, в которой взяты исходные цинк и никель в растворе? 8) В работе Вы получили повышение содержания никеля (при введении глицина): это тоже «аномалия» против нормального осаждения? 9) Как удалось в работе установить кинетику электрокристаллизации, учитывая диффузионный характер процесса электроосаждения? 10) Каким образом удалось оценить плотность центров нуклеации? 11) По Вашим данным константа скорости процесса нуклеации в ходе электроосаждения не меняется при переходе от одной металлической системы к другой: почему это происходит, т.е. почему индифферентна к природе металлической системы скорость процесса электроосаждения?

Соискатель Тинаева А.Е. ответила на задаваемые ей вопросы и привела собственную аргументацию: 1) Согласно полученным данным можно предположить, что в начальный период осаждения (5–10 с) образуется  $\alpha$ -фаза (твердый раствор), обогащенная никелем. 2) Полученные покрытия имеют толщину около 5 мкм. 3) Мы проводили рентгенофазовый анализ при конечной толщине 5 мкм (обнаружены фазы цинка и  $\text{Ni}_2\text{Zn}_{11}$ ), а далее нас интересовало получить зависимость изменения атомной доли никеля во времени, чтобы точнее определить диффузионно-кинетические параметры и установить кинетику электрокристаллизации в рамках нуклеационных моделей. 4) Да, на слайдах они не указаны, но в общем расчете была учтена возможность образования, в том числе, и хлоридных и аммиакатных комплексов. При этом для хлоридных комплексов расчет показал очень низкие концентрации, т.е. они практически не образуются в исследуемой области, даже с учетом подщелачивания. 5) В первом случае имеется в виду осаждение никеля из индивидуального раствора, во втором случае – сплава  $\text{Zn-Ni}$ , т.е. когда идет соосаждение цинка и никеля, и далее цинка из индивидуального электролита. 6) Все эксперименты проведены при комнатной температуре около  $20^{\circ}\text{C}$ . Величина pH не достигала значений щелочной области. 7) Возможно как аномальное, так и нормальное осаждение сплавов. Нормальное осаждение реализуется при определенных условиях: при низких поляризациях, высоких температурах. В изученных системах, как мы подтвердили методом рентгеноспектрального микроанализа, реализуется аномальное осаждение, причем наблюдается изменение атомной доли никеля от времени, которая оказывается ниже значения, отвечающего концентрации ионов никеля в растворе. 8) Введение глицина несколько затрудняет процесс аномального соосаждения, однако аномальный характер процесса сохраняется, потому что содержание цинка в сплаве больше, чем никеля. 9) Кинетика электроосаждения является смешанной с преобладанием диффузионного контроля, что подтверждается данными вольтамперометрии: в координатах Рендлса-Шевчика получена линейная зависимость, при этом смещение потенциала пика с увеличением скорости сканирования потенциала указывает на то, что стадия переноса заряда протекает необратимо. Дополнительным подтверждением диффузионного контроля является спрямление кривых осаждения

