

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Ивановский государственный химико-технологический университет»

Диссертационный совет Д 212.063.02

**Сведения о результатах публичной защиты  
диссертации Шеханова Руслана Феликсовича**

**25 января 2021 года** в диссертационном совете Д 212.063.02 состоялась публичная защита диссертации **Шеханова Руслана Феликсовича «Электроосаждение сплавов с содержанием металлов подгруппы железа из полилигандных электролитов»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

В соответствии с приказом ФГБОУ ВО «ИГХТУ» №11-ос от 19.01.2021 г. председателем диссертационного совета был назначен д.ф.-м.н, проф. Бутман М.Ф.

На заседании совета присутствовали:

**В очной форме:** д-р ф.-м. наук, проф. Бутман М.Ф., д-р техн. наук, доц. Гришина Е.П. (05.17.03, техн. науки), д-р техн. наук, проф. Балмасов А.В. (05.17.03, техн. науки), д-р хим. наук, доц. Бубнов А.Г., д-р хим. наук, проф. Ефремов А.М. (05.17.03, техн. науки), д-р техн. наук, проф. Липин А.Г., д-р техн. наук, проф. Натареев С.В., д-р хим. наук, доц. Никифорова Т.Е., д-р техн. наук, проф. Разговоров П.Б., д-р хим. наук, проф. Семейкин А.С. (05.17.03, техн. науки), д-р техн. наук, доц. Смирнов Н.Н.

**в удаленном интерактивном режиме:** д-р хим. наук, проф. Агафонов А.В., д-р хим. наук, проф. Базанов М.И. (05.17.03, техн. науки), д-р хим. наук, проф. Гриневич В.И., д-р техн. наук, проф. Блиничев В.Н., д-р техн. наук, проф. Бобков С.П., д-р техн. наук, проф. Ильин А.П., д-р хим. наук, проф. Колкер А.М., д-р техн. наук, проф. Косенко Н.Ф., д-р техн. наук, доц. Корчагин В.И., д-р техн. наук, с.н.с. Кочетков С.П., д-р техн. наук, проф. Кручинина Н.Е., д-р хим. наук, проф. Парфенюк В.И. (05.17.03, техн. науки), д-р хим. наук, проф. Рыбкин В.В., д-р техн. наук, проф. Румянцева В. Е. (05.17.03, техн. науки), д-р хим. наук, проф. Шарнин В.А.

На заседании 25 января 2021 года (протокол № 2) диссертационный совет Д 212.063.02 принял решение **присудить Шеханову Руслану Феликсовичу ученую степень доктора технических наук.**

Согласно Постановления Правительства Российской Федерации от 26 мая 2020 года №751 «Об особенностях проведения заседаний советов по защите

диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук в период проведения мероприятий, направленных на предотвращение распространения новой коронавирусной инфекции на территории Российской Федерации», приказа Минобрнауки России № 734 от 22.06.2020 г. «Об особенностях порядка организации работы советов по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» при проведении заседания диссертационного совета с участием в удаленном интерактивном режиме членов диссертационного совета и официальных оппонентов по диссертации по окончании защиты диссертации диссертационный совет проводит открытое голосование по присуждению ученой степени.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 26 человека, из них 7 докторов наук, обеспечивающих специальность 05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии (технические науки), участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: **за – 26, против - нет, воздержавшихся – нет.**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.063.02, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 25.01.2020 г., №2

О присуждении Шеханову Руслану Феликсовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Электроосаждение сплавов с содержанием металлов подгруппы железа из полилигандных электролитов»

по специальности 05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

принята к защите 31.08.2020 г., (протокол заседания № 11), диссертационным советом Д 212.063.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Федерации, 153000, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7, приказ о создании совета №105 /нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Шеханов Руслан Феликсович, 1969 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Электроосаждение железа из оксалатных комплексов на цинк и его сплавы» защитил в 1996 году в диссертационном совете Д 212.063.02, созданном на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Ивановский государственный химико-технологический университет»,

являлся докторантом Ивановского государственного химико-технологического университета с 01.02.2012 по 31.01.2015 г.,

работает в должности доцента кафедры технологии электрохимических производств в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации с 2000 года и по настоящее время.

Диссертация выполнена на кафедре технологии электрохимических производств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, Балмасов Анатолий Викторович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет», кафедра технологии электрохимических производств, профессор.

Официальные оппоненты:

1. Гамбург Юлий Давидович – доктор химических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина Российской академии наук» (г. Москва), лаборатории строения поверхностных слоев, научное направление «Химическое сопротивление материалов, защита металлов и других материалов от коррозии и окисления», ведущий научный сотрудник;
2. Скопинцев Владимир Дмитриевич – доктор технических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России (г. Москва), кафедра общей и биоорганической химии, профессор;
3. Соловьева Нина Дмитриевна – доктор технических наук, профессор, «Энгельсский технологический институт (филиал) федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (г. Энгельс, Саратовская область), кафедра технологии и оборудования химических, нефтегазовых и пищевых производств, профессор.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Колесниковым Владимиром Александровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, указала, что «диссертация Шеханова Руслана Феликсовича «Электроосаждение сплавов с содержанием металлов подгруппы железа из полилигандных электролитов», основная цель которой состояла в установлении закономерностей электроосаждения сплавов, содержащих металлы подгруппы железа, из растворов комплексных соединений и разработке на их основе новых составов электролитов для осаждения сплавов кобальт-никель, никель-железо, цинк-никель, цинк-кобальт, цинк-железо, олово-никель, олово-кобальт является актуальной». Теоретическая и практическая ценность работы состоит в том, что «установлены закономерности процессов электроосаждения сплавов металлов подгруппы железа из полилигандных электролитов, содержащих аммонийные соли дикарбоновых кислот, учитывающие изменение состава комплексных частиц в прикатодном слое в процессе электролиза... Определено влияние природы и концентраций компонентов электролитов и режимов электролиза на технологические свойства покрытий... Разработаны полилигандные электролиты для непосредственного нанесения покрытий на цинк и его сплавы, титан и его сплавы, ... магнитных сплавов кобальт-никель и никель-железо, осаждаемых на медь, сталь, алюминий и его сплавы, ... для получения коррозионно-стойких цинк-никелевых, цинк-кобальтовых, цинк-железных и олово-никелевых, олово-кобальтовых сплавов. Новые низкоконцентрированные составы электролитов для осаждения сплавов металлов подгруппы железа обеспечивают снижение материальных затрат и уменьшение загрязнения окружающей среды. Установлены зависимости состава и свойств получаемых покрытий от концентрации компонентов раствора и условий электролиза. Диссертация Шеханова Р.Ф. «Электроосаждение сплавов с содержанием металлов подгруппы железа из полилигандных электролитов» соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней (п.п. 9-14), предъявляемым к работам на соискание ученой степени доктора наук, а её автор Шеханов Руслан Феликсович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.17.03 - Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Соискатель имеет 78 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 73 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 30 работ, а также 9 патентов РФ на изобретения.

Опубликованные работы посвящены установлению закономерностей электроосаждения и разработке высокоэффективных электролитов для

электроосаждения магнитных сплавов никель-железо, кобальт-никель и для покрытий антикоррозионными сплавами цинк-никель, цинк-кобальт, цинк-железо, олово-никель, олово-кобальт. Основные результаты получены лично соискателем и обсуждены с научным консультантом и соавторами работ.

Личный вклад соискателя в опубликованных работах по теме диссертации состоит в обосновании идеи работы и ее реализации путем постановки цели и задач исследования, руководства и непосредственного участия в выполнении теоретических, аналитических и прикладных исследований, обработке экспериментальных данных, проведении вычислительных экспериментов, а также в обобщении результатов исследований и разработке рекомендаций по их использованию, во внедрении результатов исследований.

Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в диссертации отсутствуют.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Shekhanov, R.F.** Electrodeposition of Tin-Nickel Alloys from Oxalate-Sulfate and Fluoride-Chloride Electrolytes / **R.F. Shekhanov**, S.N. Gridchin, A.V. Balmasov // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. - 2016. - Vol. 52, № 2. - P. 152-156.
2. **Шеханов, Р.Ф.** Электроосаждение сплавов цинк-кобальт из оксалатных электролитов / **Р.Ф. Шеханов**, С.Н. Гридчин, А.В. Балмасов // Физикохимия поверхности и защита материалов. - 2017. - Т. 53, № 3. - С. 316-320.
3. **Шеханов, Р.Ф.** Влияние ПАВ на электроосаждение сплава Sn-Ni из оксалатных растворов / **Р.Ф. Шеханов**, С.М. Кузьмин, А.В. Балмасов, С.Н. Гридчин // Электрохимия. - 2017. - Т. 53, № 11. - С. 1442-1449.
4. **Шеханов, Р.Ф.** Электроосаждение сплавов цинк-никель из оксалатно-аммонийных электролитов / **Р.Ф. Шеханов**, С.Н. Гридчин, А.В. Балмасов // Электрохимия. - 2018. - Т. 54, № 4. - С. 408-415.
5. Гридчин, С.Н. Образование и катодное восстановление комплексов таурина с цинком и кобальтом (II) / С.Н. Гридчин, **Р.Ф. Шеханов** // Журнал прикладной химии. - 2019. - Т. 92, № 9. - С. 1162-1169.
6. **Шеханов, Р.Ф.** Защитная способность олово-никелевых покрытий / **Р.Ф. Шеханов** // Изв. вузов. Химия и хим. технол. - 2017. - Т. 60, № 10. - С.75-81.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв доктора технических наук, профессора, профессора кафедры общей и теоретической физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Костромской государственный университет», Белкина Павла Николаевича. Отзыв положительный, имеются следующие замечания:

- 1) Первый пункт раздела «Научная новизна» содержит изложенный выше объект исследования, но не характеристику полученных результатов.

2) В автореферате нет сведений о процедуре измерения внутренних напряжений в покрытиях, хотя их наличие и даже количественная оценка приводятся на страницах 11, 12, 19 и в выводе 5.

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

1) К недостаткам можно отнести отсутствие монографии по результатам проведенных исследований, что, однако, совершенно не снижает актуальность, новизну и значимость работы.

3. Отзыв доктора химических наук, профессора, заведующего кафедрой фундаментальной химии Новомосковского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Кизима Николая Федоровича. Отзыв положительный, имеется ряд вопросов и замечаний.

1) При разработке технологий получения покрытий не уделено внимание организации анодного процесса, хотя анодный процесс при получении сплавов будет определять время технологической жизни электролита.

2) В автореферате отсутствует информация об исследовании концентрационного распределения металлов в сплаве. Есть основание предполагать о существовании неоднородности такого распределения. Подтверждением предположения может служить обнаруженное присутствие интерметаллических соединений различного состава в сплавах Me-Zn.

3) Сплавы Sn-Ni и Sn-Co предназначены, в т.ч. для радиоэлектронной промышленности. Однако, влияние примеси углерода в сплаве на его паяемость не оценена.

4) Из автореферата не ясно в какой степени предложенные разработки и решения доведены до внедрения.

4. Отзыв доктора технических наук, доцента, главного научного сотрудника лаборатории технологии, материалов, процессов и оборудования машиностроения, декана факультета промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет» Киреева Сергея Юрьевича. Отзыв положительный, имеются следующие вопросы и замечания:

- 1) В автореферате приводятся значения энергии активации, однако не описывается методика определения данной величины. Не приведены парциальные кривые выделения металлов при различных температурах, не указан тип электрода сравнения. Считаю, что в данном случае правильнее говорить об «эффективной энергии активации».
- 2) В автореферате не приведены данные по адгезионной прочности покрытий на поверхности алюминия, титана и других применяемых материалов основы.

5. Отзыв доктора химических наук, профессора, профессора кафедры отделения химической инженерии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Колпаковой Нины Александровны. Отзыв положительный, имеются следующие вопросы и замечания:

- 1) На рисунке 4 автореферата приведены катодные поляризационные кривые для выделения сплава Ni-Co из электролита  $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  0.05 моль/л,  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4\cdot \text{H}_2\text{O}$  1.055 моль/л, при  $\text{pH}=6$ . Чем обусловлено такое резкое смещение потенциала выделения сплава в данном электролите по сравнению с другими электролитами, приведенными на рисунке? Как выглядят поляризационные кривые фонов без металлов?
- 2) На рисунке 8 автореферата приведены циклические вольтамперные кривые. По данным автореферата пики, наблюдаемые на этих вольтамперных кривых, обусловлены электроокислением интерметаллических соединений  $\text{Ni}_5\text{Zn}_{21}$ . Хотелось бы узнать мнение диссертанта: электроокисление компонентов сплава из ИМС никель - цинк происходит селективно или равномерно?

6. Отзыв доктора химических наук, профессора, профессора кафедры «Технология электрохимических производств» Химико-технологического института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» Останиной Татьяны Николаевны. Отзыв положительный, имеются следующие вопросы и замечания:

- 1) На чем основан предложенный автором механизм разряда оксалатных комплексов металлов, предполагающий в качестве предшествующей стадии реакцию перехода оксалатного комплекса в аммиакатный. Судя по приведенным диаграммам ионных равновесий при изученных  $\text{pH}$  содержание оксалатных комплексов в растворах существенно выше, чем аммиакатных. На основании каких данных был сделан вывод о стадийной передаче электронов.

2) На стр. 14 сказано, что «... скорости процессов соосаждения никеля и выделения водорода во всем интервале электродных потенциалов соизмеримы и уступают скорости осаждения цинка». Однако это утверждение не соответствует данными приведенным на рис. 7: при потенциалах от -1,15 до -1,2 В плотность тока выделения водорода значительно выше плотности тока осаждения цинка.

3) На стр. 14 сказано, что «... скорости процессов соосаждения никеля и выделения водорода во всем интервале электродных потенциалов соизмеримы и уступают скорости осаждения цинка». Однако это утверждение не соответствует данными приведенным на рис. 7: при потенциалах от -1,15 до -1,2 В плотность тока выделения водорода значительно выше плотности тока осаждения цинка.

7. Отзыв доктора химических наук, профессора, проректора по научной работе, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Гарабаджиу Александра Васильевича и кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой электрохимических производств, доцента того же университета Агафонова Дмитрия Валентиновича. Отзыв положительный, имеется следующее замечание:

1) На стр. 8-9 при перечислении использованных методов исследования не указаны методы измерения рН прикатодного слоя, внутренних напряжений, износоустойчивости, указанные методы были использованы в исследовании.

8. Отзыв доктора химических наук, профессора, ведущего научного сотрудника кафедры электрохимии химического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова Стениной Елены Витальевны. Отзыв положительный, имеются следующие вопросы и замечания:

1) Не пояснено, на основании каких данных проводились расчеты ионных равновесий.

2) Не приведены оценки воспроизводимости экспериментальных данных.

3) Не приводится объяснение присутствия в структуре сплавов углерода.

9. Отзыв доктора технических наук, доцента, профессора кафедры безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» Поповой Ольги Васильевны. Отзыв положительный, имеются следующие вопросы и замечания:

1) Проводились ли измерения внутренних напряжений в покрытиях (с. 12)? что является определяющим фактором для снижения внутренних напряжений в



покрытиях, осажденных из оксалатно-аммонийных электролитов, по сравнению с покрытиями, осажденными из сульфатно-хлоридных электролитов?

- 2) Не вполне понятна формулировка «...осаждение кобальта и никеля происходит при достаточно близких катодных потенциалах, значительно отличающихся от потенциалов осаждения железа (кривые 1-3). поэтому...». возможно, на рис. 1 нарушена нумерация катодных кривых.

10. Отзыв доктора химических наук, доцента, профессора кафедры химических технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» Смирновой Нины Владимировны. Отзыв положительный, замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их авторитетными, с высоким индексом цитирования, научными исследованиями кинетики процессов электрохимического и химического осаждения металлов и сплавов, практическими достижениями в области функциональной гальванотехники и физико-химической обработки поверхности, защите от коррозии металлов и сплавов.

Ведущая организация широко известна в России и за рубежом своими научными и практическими достижениями в области электроосаждения металлов и сплавов и имеет ученых, являющихся крупными специалистами в данной области исследований (Колесников В.А., Винокуров Е.Г., Кругликов С.С., Цупак Т.Е, Ваграмян Т.А.)

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

- **разработаны** технологические процессы электрохимического нанесения покрытий сплавами никель-железо, кобальт-никель с заданными магнитными свойствами, цинк-никель, цинк-кобальт, цинк-железо и олово-никель, олово-кобальт, обладающих высокими антикоррозионными свойствами;

- **предложен** новый методологический подход определения концентрационных условий электроосаждения сплавов, основанный на расчете ионных равновесий в растворе с учетом изменения рН приэлектродного слоя в процессе электролиза, позволивший установить закономерности процессов совместного разряда ионов металлов в присутствии солей дикарбоновых кислот, кислотных остатков и аммиачных лигандов.

- **доказано**, что присутствие в растворе оксалата аммония способствует сближению потенциалов осаждения компонентов сплавов, содержащих металлы подгруппы железа, и препятствует выпадению осадков гидроксида железа и никеля, ухудшающих качество покрытий. Повышение рН приэлектродного слоя от 6 до 10 вследствие проходящей параллельно реакции выделения водорода приводит к увеличению доли аммиакатных комплексов в приэлектродном слое, что облегчает разряд ионов металлов, который протекает ступенчато в две

одноэлектронные стадии. Вследствие торможения процессов разряда ионов металлов, входящих в состав комплексных ионов, электроосаждение сплавов металлов подгруппы железа из полилигандных электролитов с содержанием солей металлов, дикарбоновых кислот и их солей характеризуется высокими значениями катодных потенциалов (-1.1)-(-1.3) В. Электролиты обладают достаточно высокой рассеивающей способностью по металлу (РС=28-30%). При катодном осаждении сплавов олово-никель из полилигандных электролитов адсорбция неионогенного ПАВ на поверхности электрода существенно снижает скорость переноса заряда через межфазную границу и замедляет электрохимическую стадию процессов разряда ионов металлов, что способствует формированию блестящих мелкокристаллических покрытий.

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

- **доказаны** закономерности процессов электроосаждения сплавов металлов подгруппы железа из полилигандных электролитов, содержащих аммонийные соли дикарбоновых кислот, учитывающие изменение состава комплексных частиц в прикатодном слое в процессе электролиза. Повышение рН прикатодного пространства при прохождении тока вследствие параллельно протекающей реакции выделения водорода приводит к замещению анионов дикарбоновых кислот в составе комплексных частиц молекулами аммиака и уменьшению прочности комплексов, что облегчает процесс их разряда.

- **применительно к проблематике** диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс современных физико-химических методов исследований, в том числе поляризационные измерения, электрохимическая импедансная спектроскопия, атомно-абсорбционный анализ, рентгеноспектральный анализ, Оже-микроанализ, сканирующая электронная и атомно-силовая микроскопия.

- **изложены** результаты исследования энергетических параметров процессов катодного осаждения сплавов из оксалатно-аммонийных электролитов, свидетельствующие о том, что разряд ионов металлов протекает с диффузионно-кинетическим контролем. С ростом катодного потенциала от -0.7 до -1.1 В эффективная энергия активации процесса электроосаждения сплава Zn-Ni возрастает от 23 до 44 кДж/моль вследствие увеличения относительной скорости разряда ионов никеля. Это приводит к обогащению сплава никелем до 16 ат.%.

- **изучены** структура, физико-химические и механические свойства сплавов никель-железо, кобальт-никель, цинк-никель, цинк-кобальт, олово-никель, олово-кобальт, полученных из оксалатно-аммонийных электролитов. В составе покрытий, полученных из оксалатно-аммонийных электролитов, установлено образование интерметаллических соединений:  $Ni_5Zn_{21}$  в сплавах Zn-Ni,  $Co_5Zn_{21}$  и  $Co_5Zn_8$  в сплавах Zn-Co.

**Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждаются тем, что:**

- **разработаны** составы полилигандных электролитов: для непосредственного нанесения гальванических покрытий на цинк и его сплавы,

титан и его сплавы: патент РФ 2088700; патент РФ 2230138; магнитных сплавов кобальт-никель и никель-железо, осаждаемых на медь, сталь, алюминий и его сплавы: патент РФ 2392357; патент РФ 2424380; для получения коррозионностойких цинк-никелевых, цинк-кобальтовых, цинк-железных и олово-никелевых, олово-кобальтовых сплавов: патенты РФ 2603526, 2569618, 2712582 и 2526656, 2694095. На основании установленных закономерностей разработаны технологические процессы нанесения покрытий сплавами с заданными магнитными и механическими свойствами.

- **представлены** результаты коррозионных исследований, свидетельствующие о высоких защитных свойствах покрытий, полученных из разработанных электролитов.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- для экспериментальных работ использован широкий набор современных физико-химических методов исследования, которые выполнялись на сертифицированном оборудовании, показана высокая воспроизводимость результатов исследований различными взаимодополняющими экспериментальными методами;

- **идея базируется** на анализе и обобщении литературных данных и полученных экспериментальных результатов в области электроосаждения металлов, на согласовании ранее опубликованных экспериментальных данных по осаждению сплавов и результатов настоящей работы;

- **установлено**, что полученные результаты диссертационной работы не противоречат и согласуются с современными представлениями об электроосаждении металлов из комплексных электролитов;

- **достоверность полученных результатов** подтверждена согласованием лабораторных исследований и производственных испытаний процессов покрытий сплавами. Результаты работы прошли рецензирование и опубликованы в 30 статьях в ведущих рецензируемых научных изданиях, журналах, рекомендованных ВАК РФ, из них 27 в изданиях, входящих в международные базы цитирования научных публикаций, 9 патентах РФ на изобретения.

**Личный вклад соискателя** состоит в определении цели и задач исследований, анализе и обобщении литературных данных по теме диссертации, проведении экспериментальных исследований, анализе и интерпретации полученных результатов, их обработке, обобщении, подготовке публикаций. Составлены технологические инструкции процессов электроосаждения сплавов цинк-никель, олово-никель. Соискатель принимал участие в проверке результатов работы в производственных условиях, лично участвовал во внедрении результатов работы в промышленность.

Разработанные новые высокоэффективные электролиты для электроосаждения сплавов никель-железо, кобальт-никель, цинк-никель, цинк-кобальт, цинк-железо, олово-никель, олово-кобальт, защищенные патентами Российской Федерации, рекомендуются к внедрению на ряде промышленных предприятий: ООО «Спецэлектромагнит», г. Комсомольск, Ивановской обл.,

ОАО ЮПЗ «Промсвязь», г. Юрьев-Польский, Владимирской области, АО «Энергия», г. Елец, Липецкой обл., ООО «Нейрософт», г. Иваново. Результаты и выводы рекомендуется использовать в научных исследованиях, связанных с разработкой новых электролитов для электрохимического осаждения сплавов, а также при подготовке специалистов по направлению «Химическая технология» в курсах лекций и лабораторном практикуме по гальванотехнике в профильных вузах: Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева, Саратовском государственном техническом университете, Казанском национальном исследовательском технологическом университете, Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (техническом университете)».

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии, а именно по пунктам (п. 1. Теоретические основы электрохимических и химических процессов коррозии, электроосаждения, электросинтеза, электролиза и процессов, протекающих в химических источниках электрической энергии; п. 3. Электрохимические, химические и физические методы нанесения металлических, неметаллических и комбинированных покрытий и гальванопластика; п. 4. Электрохимические, химические, физические и комбинированные методы обработки поверхности материалов; п. 6. Структура, защитные, механические и декоративные и другие свойства коррозионностойких и защитных материалов).

### **Квалификационная оценка диссертации**

Диссертация Шеханова Руслана Феликсовича «Электроосаждение сплавов с содержанием металлов подгруппы железа из полилигандных электролитов» является научно-квалификационной работой, которая по актуальности, новизне и практической значимости соответствует критериям, установленным п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

В работе изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения по электрохимическому осаждению металлопокрытий, представляющих собой сплавы с содержанием металлов подгруппы железа, с улучшенными физико-химическими и противокоррозионными свойствами. Совокупность проведенных исследований можно квалифицировать как научное достижение в области электроосаждения сплавов, имеющее существенное значение для совершенствования электрохимической технологии, импортозамещения и повышения обороноспособности страны.

На заседании 25 января 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Шеханову Р. Ф. ученую степень доктора технических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 26 человек, из них 7 докторов наук, обеспечивающих специальность

05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии (технические науки), участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 26, против - нет, воздержавшихся – нет.

Председатель

диссертационного совета

д-р физ.-мат. наук, профессор

Федорович

Бутман

Михаил

Ученый секретарь

диссертационного совета

д-р техн. наук, доцент

Павловна

Гришина

Елена

25 января 2021 г.