



Утверждаю

И.о. проректора по науке ФГАОУ ВО
Национальный исследовательский
Томский политехнический университет

И.Б. Степанов

« 8 » сентября 2021г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет»

Диссертация «**Получение наноразмерных оксидов кадмия и меди в аппаратах на переменном токе промышленной частоты**» выполнена в Научно-образовательном центре Н.М. Кижнера Инженерной школы новых производственных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ).

В период подготовки диссертации соискатель Долинина Алеся Сергеевна обучалась в очной аспирантуре по специальности 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий» и в настоящий момент работает в должности старшего преподавателя в Научно-образовательном центре Н.М. Кижнера Инженерной школы новых производственных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В 2009 г. Долинина Алеся Сергеевна окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего

образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению подготовки «Химическая технология неорганических веществ» с присвоением квалификации «Инженер».

Научный руководитель – Колпакова Нина Александровна, доктор химических наук, профессор Отделения химической инженерии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Обсуждение проходило на научном семинаре Научно-образовательного центра Н.М. Кижнера «07» 09 2021 г.

На семинаре присутствовали:

1. Скуридин В.С. – д.т.н., профессор-консультант Лаборатории №31 ядерного реактора ИШЯТ ТПУ
2. Сачков В.И. – д.х.н., Зав. Лабораторией химических технологий Научного управления Томского государственного университета
3. Колпакова Н.А. – д.х.н., профессор Отделения химической инженерии ИШПР ТПУ
4. Нефедов Р.А. – к.х.н., старший научный сотрудник лаборатории химических технологий Научного управления Томского государственного университета
5. Верещагин В.И. – д.т.н., профессор НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ ТПУ
6. Хабас Т.А. – д.т.н., профессор НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ ТПУ
7. Сударев Е.А. – к.т.н., доцент НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ ТПУ
8. Ан В.В. – д.х.н., профессор НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ ТПУ
9. Тихонов В.В. – к.т.н., доцент НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ ТПУ
10. Тихонов Н.В. – к.т.н., доцент НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ ТПУ
11. Фролова И.В. – к.т.н., доцент НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ ТПУ
12. Горлушко Д.А. – к.х.н., доцент НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ ТПУ
13. Малахова О.В. – инженер НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ ТПУ

Были заданы следующие вопросы:

1. Как отражается смешивание с оксидом меди на свойствах порошка CdO ?
2. О каких требованиях к чистоте Вы говорите (2 слайд): именно к CdO или вообще к нанопорошкам?
3. Как Вы оцениваете вредность разрабатываемой технологии и производства?
4. Поясните, какие технологические операции применяются при переводе гидроксида в оксид.
5. Существуют ли близкие технологии получения нанопорошка оксида кадмия, и в чем заключается принципиальная разница с разрабатываемой технологией?
6. Как производится обработка полученной суспензии или осадка из раствора?
7. Как проводится проверка на токсичность?
8. Уточните размер частиц.
9. Для какого производства или процесса предназначены порошки?
10. Нужна технологическая схема получения порошков с включением операции перемешивания.
11. Как эксплуатируется сам аппарат? Надо ли его разбирать для выемки продукта и очистки?
12. Какова оптимальная температура термообработки?
13. Как зависит удельная поверхность порошка от плотности тока и концентрации электролита? И чем это обусловлено?

По итогам обсуждения принято следующее заключение: диссертация «Получение наноразмерных оксидов кадмия и меди в аппаратах на переменном токе промышленной частоты» Долининой Алеси Сергеевны является законченной работой, соответствует положению о присуждении ученых степеней утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 и отвечает по содержанию паспорту

специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов, так как в диссертации рассматривается получение наноразмерных оксидов кадмия и меди в аппаратах на переменном токе промышленной частоты. Результаты, полученные в диссертации, соответствуют паспорту специальности.

Диссертация «Получение наноразмерных оксидов кадмия и меди в аппаратах на переменном токе промышленной частоты» Долининой Алеси Сергеевны оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым Положением о присуждении ученых степеней к кандидатским (докторским) диссертациям, в том числе п.95, является научно квалификационной работой.

Личный вклад автора состоит в непосредственном участии в поиске и анализе литературных данных, проведении теоретических и экспериментальных исследований, обработке результатов экспериментов, разработке методики расчета основных параметров процесса и аппаратурно-технологической схемы производства дисперсных материалов с наноразмерными кадмий- и медьсодержащими фазами, полученного с помощью электрохимического синтеза на переменном токе. Постановка цели и задач исследования, обсуждение результатов и выводов по работе выполнены под руководством д.х.н., профессора Колпаковой Н.А.

Достоверность результатов исследования подтверждается современными методами анализа с применением поверенного оборудования: электронная микроскопия, термический анализ, метод БЭТ; достаточным числом проб и образцов в сериях для обеспечения доверительной вероятности результатов испытаний, равной 0,95, тем, что все исследования проведены в аттестованных лабораториях на сертифицированном оборудовании; использованием современных стандартных методик, приборов и технических средств; количеством полученных образцов и проведенных измерений.

Научные результаты диссертационной работы Долининой Алеси Сергеевны заключаются в следующем:

1. Впервые установлены зависимости скорости совместного окисления кадмия и меди от состава и концентрации электролита, плотности переменного тока промышленной частоты и температуры электролиза. Показано, что максимальная скорость окисления кадмия и меди наблюдается в 3 М растворах хлоридов натрия и аммония. Определена функция, аппроксимирующая скорость окисления кадмия и меди в различных электролитах от плотности переменного тока.
2. Показано, что процесс электрохимического окисления кадмия и меди, с использованием переменного тока, регулируются диффузией ионов через барьерный слой оксидов. Кажущаяся энергия активации составляет 8–25 кДж/моль.
3. Установлено, что при совместном электрохимическом окислении кадмия и меди с использованием переменного тока образуется материал с кадмий- и медьсодержащими фазами с размером условного диаметра первичных частиц в нанометровом диапазоне, обладающий высокой площадью удельной поверхности ($S_{уд}=14,2-19,4 \text{ м}^2/\text{г}$) и преимущественным размером пор в интервале 3,3–25 нм (мезопоры). При температуре прогрева в интервале 110–500°C для продуктов электролиза кадмия и меди наблюдается незначительное уменьшение площади удельной поверхности (до $S_{уд}= 8,95-15,4 \text{ м}^2/\text{г}$).
4. Предложена модель, позволяющая оптимизировать процессы электрохимического окисления металлов с использованием переменного тока. Установлены параметры, при которых скорость совместного электрохимического окисления кадмия и меди достигает максимального значения.

Теоретическая значимость работы: разработаны условия возможности совместного электроокисления одновременно двух металлов с получением наноразмерных оксидов; развиты представления о кинетике протекания процесса в нестационарных условиях, что позволяет получать

наноразмерный дисперсный материал с наноразмерными кадмий- и медьсодержащими фазами, обладающими мезопористой структурой.

Практическая значимость работы: получен высокодисперсный материал с наноразмерными кадмий- и медьсодержащими фазами, который можно использовать в материалах разрывных электрических контактов низковольтной коммутационной аппаратуры на средние токи.

Разработана аппаратурно-технологическая схема получения материалов с наноразмерными кадмий- и медьсодержащими фазами электрохимическим методом на переменном токе промышленной частоты.

Апробация работы.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались: на Международном симпозиуме имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых (2013-2015г.), Международной научно-практической конференции «Наука и образование XXI века» (г. Уфа, 2014г.), на VIII конференции молодых ученых, аспирантов и студентов ИФХЭ РАН (г. Москва, 2013г.), V Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Современные техника и технологии» (г. Томск, 2016 г.), XV Международная конференция по термическому анализу и калориметрии (RTAC-2016) (г. Санкт-Петербург, 2016г.)

Список основных публикаций соискателя на тему диссертационной работы.

По теме диссертации опубликовано 26 работ, в том числе 4 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК, 4 статьи в изданиях, входящих международную реферативную базу данных Scopus, 5 статей в изданиях, входящих международную реферативную базу данных Web of Science.

1. Korobochkin, V.V., Potgieter, J.H., Usoltseva, N.V., Dolinina, A.S., An, V.V. Thermal preparation and characterization of nanodispersed copper-containing powders produced by non-equilibrium electrochemical oxidation of metals // Solid State Sciences. – 2020 – Vol. 108. (Scopus)

2. Dolinina A.S., Korobochkin V.V., Usoltseva N.V., Frolova I.V., Popov M.V., Kozik V.V. The porous structure characterization of products of non-equilibrium electrochemical oxidation of copper and cadmium // *Key Engineering Materials*. – 2017 – Vol. 743. – p. 292–296. (Scopus)
3. Dolinina A.S., Korobochkin V.V., Usoltseva N.V., Sudarev E.A., Skobelkina A.V., Popov M. V. Textural characteristics of products obtained by electrochemical oxidation of copper and cadmium using alternating current // *Key Engineering Materials*. – 2016 – Vol. 712. – p. 112–116. (Scopus)
4. Долинина А. С., Коробочкин В. В., Усольцева. Пористая структура продуктов совместного электрохимического окисления меди и алюминия под действием переменного тока // *Перспективные материалы*. – 2016 – № 3. – С. 59–69. (БАК)
5. Dolinina A.S., Korobochkin V.V., Usoltseva N.V. Infrared Spectra Investigation of CuO-Al₂O₃ Precursors produced by electrochemical oxidation of copper and aluminum using alternating current // *Key Engineering Materials Scientific Journal*. – 2016 – Vol. 712. – p. 65 –70. (Scopus)
6. Dolinina A.S., Korobochkin V.V., Usoltseva N.V., Pugacheva S.E., Popov M.V. The porous structure of copper – cadmium oxide system prepared by AC Electrochemical synthesis // *Procedia Chemistry*. – 2015 – Vol. 15. – p. 143–147.(Web of Science)
7. Dolinina A.S., Usoltseva N.V., Korobochkin V.V., Balmashnov M.A. // Solution transformation of the products of AC electrochemical metal oxidation // *Procedia Chemistry*. – 2015 – Vol. 15. – p. 84-89. (Web of Science)
8. Dolinina A.S., Korobochkin V.V., Balmashnov M.A., Usoltseva N.V., Botyanova I.V. Joint Destruction of Cadmium and Copper at Alternating Current Electrolysis in Sodium Hydroxide Solution // *Procedia Chemistry*. – 2014 –Vol. 10. – p. 369–372. (Web of Science)

9. Долинина А. С., Коробочкин В. В., Усольцева Н. В., Балмашнов М. А., Горлушко Д. А. Исследования фазового состава продуктов электрохимического окисления кадмия и меди в растворах хлорида аммония // Перспективные материалы. – 2014 – Вып. 5. – С. 77–80. (ВАК)
10. Долинина А.С., Усольцева Н.В., Балмашнов М.А., Пугачева С.Е., Коробочкин В.В. Закономерности процесса совместного электрохимического окисления на переменном токе металлических меди и кадмия // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2014 – Т. 57 – №. 11. – С. 41–43. (ВАК)
11. Долинина А. С., Коробочкин В. В., Усольцева, Балмашнов М. А., Горлушко Д. А. Карбонизация продукта неравновесного электрохимического окисления меди и алюминия // Известия Томского политехнического университета / Томский политехнический университет (ТПУ). – 2014 – Т. 324, № 3. С. 118–126. (ВАК)
12. Dolinina A.S., Korobochkin V.V., Usoltseva N.V., Балмашнов М. А. AC Electrochemical copper and aluminum oxidation in sodium acetate solutions // Procedia Chemistry. – 2014 – Vol. 10. p. 314–319. (Web of Science)
13. Dolinina A.S., Korobochkin V.V., Usoltseva N.V., Балмашнов М. А. Characterization of copper and aluminum AC electrochemical oxidation products // Procedia Chemistry. – 2014 – Vol. 10 p. 320–325. (Web of Science)
Публикации в других источниках РИНЦ.
14. Dolinina A.S., Usoltseva, N.V., Frolova I.V. // International Conference on Thermal Analysis and Calorimetry in Russia (RTAC-2016), 16–23 September, 2016 Saint-Petersburg, Russia: proceeding: – 2016 – Vol. 1. – P. 455-458.
15. Долинина (Авхимович) А. С., Коробочкин В. В., Усольцева Н. В., Попова Е. В. Пористая структура продуктов неравновесного электрохимического окисления медь-кадмиевой системы // Высокие

технологии в современной науке и технике: сборник трудов V Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Томск, 5-7 Декабря 2016. – Томск: STT, 2016 – С. 328–329.

16. Долинина А. С., Бикбаева (Скобелкина) А. В., Пугачева С. Е., Влияние концентрации и плотности тока на скорость электрохимического окисления кадмия в растворах хлорида натрия // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летнему юбилею Победы советского народа над фашистской Германией, Томск, 6–10 Апреля 2015. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015 – Т. 2 – С. 283-284.
17. Долинина А.С., Скобелкина А.В., Пугачева С.Е. Дисперсность и пористая структура продуктов электрохимического окисления кадмия и меди на переменном токе // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 25–29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 – Т. 1 – С. 77–78.
18. Долинина А.С., Устюгов А.М. Пористая структура продуктов электрохимического окисления на переменном токе меди и кадмия // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летнему юбилею Победы советского народа над фашистской Германией, Томск, 6–10 Апреля 2015. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015 – Т. 2 – С. 256–258.
19. Долинина А. С., Ботянова (Хлебникова) И. В., Исследование кинетики процесса электрохимического окисления кадмия на переменном токе в растворе хлорид аммония // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 115-летию со дня рождения

- академика Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова, Томск, 7–11 Апреля 2014. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014 – Т. 2 – С. 251–252.
20. Долинина А.С. Закономерности процесса электрохимического окисления на переменном токе металлических меди и кадмия // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XV Международной научно–практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 26–29 Мая 2014. – Томск: ТПУ, 2014 – Т. 1 – С. 41–43.
21. Долинина А.С., Коробочкин В.В. Закономерности электрохимического синтеза нанодисперсных оксидов кадмия и меди в растворах хлоридов // Новината за напреднали наука: материали за 9-а Международная научна практична конференция, София, 17–25 Мая 2013. – София (Болгария): "Бял ГРАД-БГ" ООД, 2013 – Т. 51 – С. 53–55.
22. Долинина А.С., Балмашнов М.А. Влияние параметров процесса на скорость электрохимического окисления кадмия и меди в растворах хлоридов на переменном токе // Актуальные вопросы науки и образования: тезисы докладов Всероссийской молодёжной научно-практической конференции, г. Уфа, 25–27 Апреля 2013. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013 – С. 287.
23. Долинина А. С., Усольцева Н. В., Балмашнов М. А., Пугачева С. Е., Скобелкина А. В., Ботянова (Хлебникова) И. В. Закономерности процесса электрохимического окисления на переменном токе металлических меди и кадмия // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XV Международной научно- практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 26–29 Мая 2014. – Томск: ТПУ, 2014 – Т. 1 – С. 41–43.

24. Долинина А. С. Кинетика электрохимического окисления кадмия и меди в растворах NH_4Cl и NaCl // Проблемы геологии и освоения недр: труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 150-летию со дня рождения академика В.А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, Томск, 1-6 Апреля 2013. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013 – Т. 2 – С. 167–169.
25. Долинина А.С., Коробочкин В.В. Закономерности процесса электрохимического окисления кадмия и меди в растворах хлорида аммония // Наука и образование XXI века: сборник статей Международной научно-практической конференции в 5 ч., г. Уфа, 31 Мая 2013. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013 – Т. 4 – С. 6–8.
26. Долинина А.С., Пугачева С.Е., Исследование фазового состава оксидов кадмия и меди методом рентгенофазового анализа // ФИЗИКОХИМИЯ – 2013: тезисы докладов VIII конференции молодых ученых, аспирантов и студентов ИФХЭ РАН, Москва, 11–13 Ноября 2013. – Москва: Академиздатцентр "Наука" РАН, 2013 – С. 115–116.

Работа выполнена по теме «Изучение химических процессов, фазообразование и модифицирование в системах с участием наноразмерных дискретных и плёночных структур» в рамках тематического плана НИР по заданию министерства образования и науки Российской Федерации (1.4.09), в рамках проекта федеральной целевой программы № ВИУ–НОЦ Н.М. Кижнера №188-2020.

Диссертация «**Получение наноразмерных оксидов кадмия и меди в аппаратах на переменном токе промышленной частоты**» Долининой Алеси Сергеевны соответствует Порядку присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете от 06 декабря 2018 г. № 93/од.

Диссертация «**Получение наноразмерных оксидов кадмия и меди в аппаратах на переменном токе промышленной частоты**» Долининой

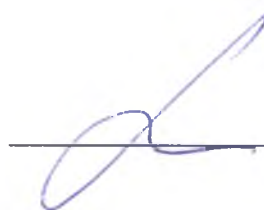
Алеси Сергеевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Заключение принято на научном семинаре Научно-образовательного центра Н.М. Кижнера инженерной школы новых производственных технологий.

Присутствовало на научном семинаре – 13 чел. Результаты голосования: «за» - 13 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 77 от «07» сентября 2021 г.

Председатель научного семинара

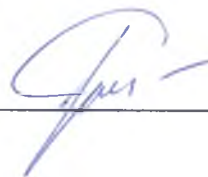
д.х.н., профессор НОЦ Н.М. Кижнера



В.В. Ан

Секретарь научного семинара

к.т.н., доцент НОЦ Н.М. Кижнера



И.Б. Ревва