

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИФПМ СО РАН
доктор технических наук
Е.А. Колубаев
« 08 » 06 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института физики прочности и материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИФПМ СО РАН)

Диссертация Тимофеева Сергея Сергеевича «Формирование антибактериальных наноструктурных композитов при окислении водой наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu», представляемая на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.4.4 Физическая химия выполнена в лаборатории физикохимии высокодисперсных материалов (ЛФВМ) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН).

В 2011 г. Тимофеев С.С. (дата рождения 05.07.1987 г.) окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (НИ ТПУ) по специальности 05.17.11 Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. В период с 01.07.2011 г. по 03.08.2014 г. Тимофеев С.С. обучался в очной аспирантуре ИФПМ СО РАН. За время обучения в аспирантуре сданы кандидатские экзамены: английский язык, оценка – хорошо; история и философия науки, оценка – отлично; физическая химия, оценка – хорошо.

В период подготовки диссертации соискатель Тимофеев Сергей Сергеевич работал: с 2011 по 2014 г. в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук в лаборатории физикохимии высокодисперсных материалов в должности инженера; с 2015 по 2022 г. в ООО «Газпром трансгаз Томск» в должности инженера-химика; с 2022 по

настоящее время в ООО «Газпром трансгаз Томск» в должности специалиста технического отдела (НИОКР).

При обсуждении диссертационной работы соискателя на экспертном семинаре ИФПМ СО РАН было рекомендовано представить диссертацию в диссертационный совет по специальности 1.4.4 Физическая химия, технические науки. Соответствие содержания диссертационной работы Тимофеева С.С. данной специальности подтверждается публикациями в научных журналах: «Известия вузов. Физика», «Фундаментальные исследования. Химические науки», «Нанотехника», «Журнал физической химии», «Физика и химия обработки материалов», «Nanomaterials», а также докладами на международных конференциях соответствующего профиля.

Научный руководитель – Лернер Марат Израильевич, доктор технических наук, заведующий лабораторией физикохимии высокодисперсных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность темы диссертации

В настоящее время активно развиваются технологии получения новых гибридных материалов, среди которых особый интерес вызывают органо-неорганические композиты для биомедицинского применения, включающие наночастицы или нановолокна в полимерной матрице. Одним из перспективных материалов в качестве наполнителя органо-неорганических композитов является оксигидроксид алюминия, который получают путем окисления электровзрывных наночастиц алюминия или алюмонитридной композиции в воде. Оксигидроксид алюминия обладает развитой пространственной структурой, высокой удельной поверхностью и положительным дзета-потенциалом. В ряде случаев оксигидроксид алюминия подвергается различной степени модификации для придания дополнительных свойств. Так, например, сами по себе наноструктуры оксигидроксида алюминия не оказывают бактерицидного действия на микроорганизмы, а лишь способствуют бактериостатическому действию. Для придания антибактериальных свойств оксигидроксид алюминия модифицируют коллоидным серебром. Такая процедура подразумевает дополнительную стадию модификации и затраты.

Одним из перспективных решений получения оксигидроксида алюминия с антимикробными агентами может стать окисление водой наночастиц $\text{Al}/\text{AlN}/\text{Zn}$ или $\text{Al}/\text{AlN}/\text{Cu}$. Это позволит в одну стадию синтеза получать композитные наноструктурные частицы с антимикробным агентом в виде меди, цинка или их соединений, а также расширить область их применения за счет дополнительных

свойств соединений меди или цинка. Применение в качестве прекурсоров наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu для получения микробиологически активных компонентов гибридных материалов позволит упростить технологию производства за счет исключения дополнительных отдельных стадий модифицирования оксигидроксида алюминия.

Основные результаты, полученные соискателем впервые

1. Установлено влияние температуры и массовой доли Al и AlN на кинетику окисления водой наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu и фазовый состав продуктов реакции.

2. Впервые получены и охарактеризованы наноструктурные композиты AlOOH-ZnO-Zn-СДГ и AlOOH-CuO-Cu-Al_xCu_y окислением водой наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu, соответственно.

3. Установлено, что наноструктурные композиты AlOOH-ZnO-Zn-СДГ и AlOOH-CuO-Cu-Al_xCu_y проявляют антимикробные свойства, в том числе в составе органо-неорганических композитов.

Теоретическая значимость работы заключается в расширении научных знаний об окислении водой металлических наночастиц и установления влияния внешних факторов при проведении реакции на характеристики продуктов превращения. Полученные результаты по окислению наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu соответствуют существующим представлениям об окислении наночастиц в воде. Для окисления наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu в воде установлены зависимости температуры, pH, времени реакции и состава прекурсоров на кинетические особенности окисления наночастиц и физико-химические свойства продуктов реакции. Получены новые знания о формировании наноструктурных оксигидроксида алюминия, модифицированных соединениями цинка и меди с антибактериальной активностью.

Практическая значимость работы заключается в разработке органо-неорганического композитного материала, представляющего собой микроволокнистую матрицу с закрепленным на ее волокнах дисперсным сорбентом, содержащим наночастицы оксигидроксида алюминия и частицы оксида цинка. Кроме того, предложены способы получения органо-неорганического композитного материала и раневых повязок с дополнительными функциональными свойствами, обеспечивающими возможность поглощения раневого содержимого (экссудата), подавления размножения бактерий внутри повязки и предотвращения вторичного заражения раны.

Разработан органо-неорганический композитный материал в мягкой лекарственной форме, содержащий наноструктурные композиты AlOOH-ZnO-Zn-СДГ и AlOOH-CuO-Cu-Al_xCu_y.

Достоверность результатов, представленных в диссертационной работе, подтверждается использованием широкого комплекса современных физико-химических методов исследования с применением аттестованных приборов и апробированных методик измерения, реализацией результатов на практике.

Личный вклад автора заключается в формировании цели научной работы, определении задач, создания плана исследований и проведении экспериментов. Автор принимал личное участие в обработке и интерпретации экспериментальных данных, установлении закономерностей и обсуждении результатов исследований. Все результаты экспериментов, приведенные в диссертационной работе, получены автором или при его непосредственном участии.

Основное содержание работы изложено в 16 работах, в том числе 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК, и 1 патент.

Статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий:

1. М.И. Лернер, Е.А. Глазкова, В.В. Домашенко, С.С. Тимофеев, А.В. Первилов. «Синтез наночастиц состава Al/Zn и Al/AlN/Zn при синхронном электрическом взрыве проводников». Известия вузов. Физика. 2012, т.55, №6/2, С. 209-214.

2. О.В. Бакина, Е.А. Глазкова, Н.В. Сваровская, А.С. Ложкомоев, М.И. Лернер, Е.Г. Хоробрая, А.В. Первилов, С.С. Тимофеев. «Синтез и исследование антимикробной активности объемных наноструктурных адсорбентов на основе нанолепесткового псевдобемита». Фундаментальные исследования. Химические науки. 2013, № 10 (часть 5) – С. 1059-1062.

3. Многокомпонентные наночастицы металлов как прекурсоры новых антибактериальных материалов / М. И. Лернер, Е. А. Глазкова, В. В. Домашенко [и др.] // Нанотехника. – 2013. – № 2(34). – С. 23-26. – EDN RFWNPH.

4. Antimicrobial activity of nanostructured composites produced in Al/Zn nanoparticle oxidation in aqueous-alcoholic solutions / A. S. Lozhkomev, E. A. Glazkova, N. V. Svarovskaya [et al.] // AIP Conference Proceedings, Tomsk, 03–05 сентября 2014 года. Vol. 1623. – Tomsk, 2014. – P. 367-370. – DOI 10.1063/1.4898958. – EDN QEJRXN.

5. Синтез, свойства и антимикробная активность наноструктур AlOOH–Zn–ZnO–LDH / С. С. Тимофеев, А. С. Ложкомоев, С. О. Казанцев [и др.] // Журнал физической химии. – 2021. – Т. 95, № 5. – С. 792-799. – DOI 10.31857/S0044453721050277. – EDN KMGYGM.

6. Синтез, свойства и применение композитных наночастиц, полученных при окислении водой электровзрывного нанопорошка Al/AlN/Cu / С. С. Тимофеев, А. С. Ложкомоев, С. О. Казанцев [и др.] // Физика и химия обработки

материалов. – 2022. – № 1. – С. 45-56. – DOI 10.30791/0015-3214-2022-1-45-56. – EDN FZLFNC.

7. Kazantsev SO, Bakina OV, Pervikov AV, Rodkevich NG, Quang NH, Le Thi LA, Timofeev SS, Lozhkomoev AS. Antimicrobial Activity and Sorption Behavior of Al₂O₃/Ag Nanocomposites Produced with the Water Oxidation of Bimetallic Al/Ag Nanoparticles. *Nanomaterials* (Basel). 2022 Nov 3;12(21):3888. doi: 10.3390/nano12213888. PMID: 36364663; PMCID: PMC9658416.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы обсуждались на: Общероссийской с международным участием научной конференции «Полифункциональные химические материалы и технологии» (НИ ТГУ. Томск. 22-24 мая 2012 г.); Международной научно-технической конференции «Нанотехнологии функциональных материалов (НФМ'12)» (Институт физики твердого тела РАН Санкт-Петербургский академический университет - научно-образовательный центр нанотехнологий РАН. Санкт-Петербург. 27-29 июня 2012); Международной конференции «Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение (HEMs-2012 г.)», (Горный Алтай, Россия, 5-7 сентября 2012 г.); Научной конференции «Фундаментальные науки – медицине» (г. Новосибирск, 11-15 сентября 2012 г.); V Всероссийской конференции по наноматериалам. (Звенигород. 23-27 сентября 2013 г.); X Международной конференции студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (Томск, 23-26 апреля 2013 г.); Международной конференции «Иерархически организованные системы живой и неживой природы» (Томск, 9-13 сентября 2013 г.); Школе-конференции молодых учёных «Неорганические соединения и функциональные материалы», посвящённой памяти профессора С.В. Земскова. (г. Новосибирск, 30 сентября - 4 октября 2013 г.); VIII Научно-практической конференции молодых работников ООО «Газпром трансгаз Томск» (г. Томск, 24-28 апреля 2017 г.), II совместной Научно-практической арктической конференции молодых работников ООО «Газпром добыча Уренгой» и ООО «Газпром добыча Ямбург» (г. Новый Уренгой, 16-19 мая 2018 г.).

Научная специальность диссертации. Анализ диссертации Тимофеева Сергея Сергеевича «Формирование антибактериальных наноструктурных композитов при окислении водой наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu», показал, что по содержанию и полноте изложения материала она соответствует пунктам паспорта специальности 1.4.4 Физическая химия:

П 9. Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической реакции

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

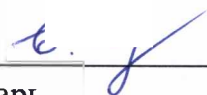
Диссертация «Формирование антибактериальных наноструктурных композитов при окислении водой наночастиц Al/AlN/Zn И Al/AlN/Cu» Тимофеева Сергея Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.4 Физическая химия.

Заключение принято на заседании совместного научного семинара ЛФХВМ, ЛНБИ, ЛФНБ ИФПМ СО РАН. Присутствовало на заседании 20 человек, в том числе 6 докторов наук. Результаты голосования: «за» - 20, «против» - нет, «воздержались» - нет, протокол № 12 от 08 июня 2023 г.



Председатель

Ложкомоев Александр Сергеевич,
доктор технических наук, зав.
лабораторией нанобиоинженерии



Секретарь

Глазкова Елена Алексеевна,
Кандидат технических наук, старший
научный сотрудник лаборатории
физикохимии высокодисперсных
материалов