

## ОТЗЫВ

официального оппонента Сычева Максима Максимовича на диссертационную работу Тимофеева Сергея Сергеевича, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук, на тему «Формирование антибактериальных наноструктурных композитов при окислении водой наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu» по специальности 1.4.4 - Физическая химия

### **Актуальность избранной темы**

На сегодняшний день внимание многих ученых направлено на разработки новых функциональных материалов с антимикробным эффектом, которые могут стать альтернативой антибиотикам. Одним из перспективных способов получения таких материалов является формирование наноструктурных композитов при окислении водой электровзрывных наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu. Полученные наноструктурные композиты обладают развитой пространственной структурой с высокой удельной поверхностью и антимикробным эффектом. В связи с этим, результаты диссертационной работы по получению и исследованию антибактериальных наноструктурных композитов, полученных при окислении водой электровзрывных наночастиц приобретает особую актуальность.

### **Цель диссертационной работы**

Цель диссертационной работы заключалась в определении зависимости физико-химических и антибактериальных свойств наноструктурных композитов от условий окисления водой наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu.

### **Научная новизна**

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<sub>x</sub>Cu<sub>y</sub>, формирующиеся при окислении водой наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu, соответственно.

3. Установлено, что наноструктурные композиты  $\text{AlOOH-ZnO-Zn-СДГ}$  и  $\text{AlOOH-CuO-Cu-Al}_x\text{Cu}_y$  проявляют антимикробные свойства, в том числе в составе органо-неорганических композитов.

### **Достоверность полученных результатов и выводов**

Достоверность результатов и выводов в диссертационной работе подтверждается использованием широкого комплекса современных физико-химических методов анализа с применением аттестованных приборов и апробированных методик измерения, а также практическим применением полученных результатов.

### **Научная и практическая значимость полученных автором результатов**

Получены новые знания об окислении водой металлических наночастиц. Для окисления наночастиц  $\text{Al/AlN/Zn}$  и  $\text{Al/AlN/Cu}$  в воде установлены зависимости влияния температуры, pH, времени реакции и состава прекурсоров на кинетические особенности окисления наночастиц и физико-химические свойства продуктов реакции. Получены новые знания о формировании наноструктурных оксигидроксидах алюминия, модифицированных соединениями цинка и меди с антибактериальной активностью.

Предложенный способ получения органо-неорганических композитов на основе  $\text{AlOOH-ZnO-Zn-СДГ}$  применяется на производственной базе ООО «Аквелит» для производства ранозаживляющих материалов.

### **Личный вклад автора**

Личный вклад автора заключается в формировании цели научной работы, определении задач, создания плана исследований и проведении экспериментов. Все результаты экспериментов, приведенные в диссертационной работе, получены автором лично или при его непосредственном участии.

## **Анализ содержания работы. Соответствие требованиям, предъявляемым к диссертациям**

Работа имеет традиционную структуру и состоит из введения, пяти глав, выводов и списка литературы из 194 источников. Диссертация изложена на 154 страницах машинописного текста, иллюстрируется 56 рисунками и 16 таблицами.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, защищаемые положения, а также личный вклад автора, степень достоверности результатов, методология и методы исследования

**В первой главе** представлен литературный обзор по органо-неорганическим гибридным материалам с наполнителями, в составе которых присутствуют наночастицы металлов и их оксидов или гидроксидов. Проведен анализ научных трудов в области синтеза наполнителей гибридных материалов биомедицинского применения в форме мазей и гелей. Обзор показал, что наночастицы металлов, как прекурсоры наполнителей органо-неорганических гибридных материалов, являются перспективными объектами исследования для получения микробиологически активных компонентов.

**Во второй главе** описаны методы исследования фазового и элементного состава, физико-химических свойств наночастиц и продуктов их превращения в воде. Описан способ получения органо-неорганических гибридных материалов и методы микробиологических исследований. Представлена структурно-методологическая схема исследований.

**В третьей главе** представлены результаты исследования свойств наночастиц Al/AlN/Zn и продуктов их окисления в воде. Изучена зависимость полноты превращения металлов в воде от температуры. Представлены результаты

эксперимента по проведению окисления в водно-спиртовом растворе, благодаря которым стало возможно наблюдать разделение фаз образования продуктов окисления наночастиц Al/AlN/Zn во времени. Определены оптимальные условия получения наноструктурных композитов AlOOH-ZnO-Zn-СДГ с высокой удельной поверхностью и отсутствием непрореагировавших металлов для применения в качестве антимикробных агентов

**В четвертой главе** представлены результаты исследования свойств наночастиц Al/AlN/Cu и продуктов их окисления в воде. Установлены закономерности изменения pH реакции окисления в воде наночастиц Al/AlN/Cu от массовой доли нитрида алюминия. Найдены оптимальные условия получения наноструктурных композитов AlOOH-CuO-Cu-Al<sub>x</sub>Cu<sub>y</sub>.

**В пятой главе** приведены результаты исследования антимикробных свойств наноструктурных композитов по отношению к микроорганизмам *S. aureus* ATCC 6538 P, *Ps. aeruginosa* 453, *E. coli* ATCC 25922. Описаны способы получения экспериментальных составов мазей и гелей на полимерной основе с наноструктурными композитами. Определены антимикробные свойства экспериментальных составов по отношению к микроорганизмам.

В заключении сформулированы общие выводы по всем исследованиям, приведенным в диссертационной работе. По теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК, и 1 патент.

Работа имеет логичную структуру исследования, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты. В работе представлен большой объем экспериментальных данных. К достоинству диссертации следует отнести практическую ценность применения результатов исследования. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

### **Замечания и вопросы**

1. При определении активного алюминия в частицах Al/AlN/Zn и Al/Zn автор связывает меньшее полученное значение, по сравнению с расчетным, с образованием твердого раствора Al и Zn. С чем ещё может быть связано низкое значение активного алюминия в образцах?

2. На рис. 3.8 и 3.14 представлены кривые выделения водорода в процессе реакции наночастиц Al/Zn и Al/AlN/Zn с водой, как они соотносятся с результатами определения активного алюминия?

3. Была ли проведена сравнительная оценка антибактериальной активности образцов 1-5, таблица 3.3?

4. Не совсем понятно, чем обусловлен выбор наночастиц Al/AlN/Cu, Al/AlN/Zn с соотношением металлов 50 на 50 масс. %?

5. В работе не представлено сравнение антибактериальной активности нанокompозитов и полученных на их основе мазей и гелей с существующими аналогами.

Возникшие вопросы и замечания не ставят под сомнение качество исследований и не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования.

### **Заключение**

Принимая во внимание вышеизложенное, считаю, что диссертация «Формирование антибактериальных наноструктурных композитов при окислении водой наночастиц Al/AlN/Zn и Al/AlN/Cu» соответствует п. 9 и п. 12 паспорта специальности 1.4.4 - Физическая химия и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в п. 2.1 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, а Тимофеев Сергей Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.4.4 - Физическая химия.

Я, Сычев Максим Максимович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

**Сычев Максим Максимович** 

доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой теоретических основ материаловедения, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»

190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26

e-mail: [materials\\_science\\_dept@technolog.edu.ru](mailto:materials_science_dept@technolog.edu.ru)

телефон: +7 (812) 494-9397

02.10.23

Подг  
13

Сычев  
02/10/23

Сычев  
02/10/23