

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Федоренко Надежды Юрьевны на тему: «Синтез и физико-химическое исследование нанопорошков и биокерамики с различной пористой структурой в системах $ZrO_2-Y_2O_3$, $ZrO_2-Y_2O_3-CeO_2$, $ZrO_2-Y_2O_3-Al_2O_3$ », представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 — физическая химия

Актуальность выбранной темы. Диссертация Н. Ю. Федоренко посвящена актуальной проблеме создания высокопрочных керамических конструкций с использованием материалов на основе тетрагональной модификации диоксида циркония ($t-ZrO_2$), которые могут найти применение для изготовления пористых конструкций, испытывающих в процессе эксплуатации значительное механическое воздействие (носители катализаторов, искусственные эндопротезы костной ткани и т.д.) и благодаря уникальным эксплуатационным характеристикам (высокой твёрдости, прочности, трещиностойкости, устойчивости к износу и коррозии).

Тематика диссертации отвечает приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в РФ «Индустрия наносистем», а также соответствует направлению «Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов» из Перечня критических технологий Российской Федерации.

Степень обоснованности научных положений и выводов. Диссертация Н. Ю. Федоренко представляется цельным, стройным исследованием. Выносимые на защиту положения и выводы, в целом, вполне логично вытекают из проведенного исследования. В тексте диссертации подробно описаны подходы, которые Н. Ю. Федоренко использовала для осуществления синтеза, консолидации, а также характеристики аэрогелей, ксерогелей и порошков в системах $ZrO_2-Y_2O_3$, $ZrO_2-Y_2O_3-CeO_2$ и $ZrO_2-Y_2O_3-Al_2O_3$ с применением комплекса современных физико-химических методов

исследований. В диссертационной работе представлен большой объем экспериментального материала, который подробно описан и проанализирован.

Достоверность результатов и выводов диссертационной работы основывается на большом количестве выполненных экспериментов, их воспроизводимости и согласованности, а также на использовании целого ряда современных взаимодополняющих методов исследования физико-химических свойств.

Научная новизна и значимость диссертационной работы связаны с тем, что впервые были разработаны физико-химические основы жидкофазного синтеза нанодисперсных ксерогелей и порошков на основе тетрагональной модификации диоксида циркония с получением плотной, прочной и пористой биосовместимой керамики, которая сможет найти применение в стоматологии и эндопротезировании. Было показано, что полученная керамика обладает высокими значениями степени тетрагональности и оптимальной пористостью для протекания процесса трансформационного упрочнения, снижающего негативное влияние жидких сред. В диссертационной работе была впервые оценена биосовместимость полученных керамических материалов в экспериментах *in vitro* и *in vivo*. На основе данных по цитотоксичности с использованием клеточных линий СНО-К1 (яичники китайского хомяка) и человеческих дермальных фибробластов было показано, что синтезированная керамика не оказывает токсического влияния. Исследование по изучению влияния керамики на основе $t\text{-ZrO}_2$ на состояние мышечной и соединительной тканей экспериментальных животных (самцов крыс) при внутримышечном введении показало хорошую биосовместимость полученных материалов, а также их инертность: методом РФА было установлено, что кристаллическая структура имплантата не претерпела фазовых изменений через 550 суток.

Практическая значимость работы. Разработанные в рамках диссертационных исследований материалы имеют большой потенциал использования в медицине: для создания стоматологических имплантатов,

эндопротезов и фрагментов костей для трансплантологии. Отдельно следует отметить, что Н. Ю. Федоренко в соавторстве был подготовлен патент на изобретение, посвященный способу получения керамики на основе ZrO_2 для реставрационной стоматологии.

Перспективность запатентованной технологии получения порошков на основе $t-ZrO_2$ была отмечена в официальном письме от заместителя генерального директора по развитию неядерных бизнесов АО «Чепецкий механический завод» А. В. Сапегина, в котором указано, что данные по синтезу низкоагломерированных порошков-прекурсоров и биокерамики на основе диоксида циркония являются перспективными для использования в промышленности благодаря простому аппаратурному оформлению технологического процесса и высоким техническим характеристикам.

Оценка содержания диссертации, её завершенности, подтверждение публикаций автора. Диссертация Н. Ю. Федоренко написана на актуальную тему хорошим научным языком. Методическую и экспериментальную часть предваряет подробный литературный обзор, в котором достаточно полно рассмотрено современное состояние проблемы, что, в свою очередь, позволяет автору грамотно поставить цель и задачи исследования. В целом, рассматриваемая диссертация является завершенным исследованием, отличающимся новизной, имеющим научную и практическую значимость. Результаты диссертации достоверны, а выводы научно обоснованы. Материалы диссертации хорошо апробированы. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на всероссийских и международных научных конференциях. Полученные результаты опубликованы в 11 научных статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, и 1 патенте на изобретение. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

По существу диссертации возникли следующие замечания и вопросы:

1. В диссертационной работе отсутствует описание химических реактивов, применяемых для проведения синтеза и исследования свойств новых материалов.
2. Из диссертационной работы неочевидно, чем обусловлен выбор состава керамики и исследуемых бинарных и тройных систем. Чем определялись составы и концентрации исследуемых смесей?
3. Чем обусловлено то, что исследование биосовместимости и биоинертности полученных материалов не вынесено в отдельный раздел, а включено в главу, посвящённую физико-химическому изучению?
4. Исследования, посвящённые изучению биоинертности керамики на основе ZrO_2 , описаны слишком кратко. Кроме того, автор приводит результаты экспериментов вместе со ссылками без соответствующего сопоставления с литературными данными (страница 105, раздел 3.6.1).
5. Раздел 3.7 диссертационной работы представлен конспективно без детализации методов исследования и промежуточных результатов. В частности, какие биохимические анализы были проведены для *in vivo* оценки биосовместимости полученных соединений?
6. Почему автор не использовал нативную плазму для проведения исследований?
7. В разделе, посвящённом научной значимости, автор отмечает, что было изучено влияние низкотемпературного «старения» во влажной среде на стабильность кристаллической структуры $t-ZrO_2$. При этом в тексте диссертации отсутствует упоминание об этих исследованиях.
8. Диссертационная работа содержит стилистические неточности и небрежности. В некоторых местах диссертационной работы перепутаны ссылки, пропущены окончания слов.

Перечисленные выше вопросы и замечания существенно не влияют на основные выводы и положения диссертации Н. Ю. Федоренко.

Заключение. На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Надежды Юрьевны Федоренко на тему: «Синтез и физико-химическое

исследование нанопорошков и биокерамики с различной пористой структурой в системах $ZrO_2-Y_2O_3$, $ZrO_2-Y_2O_3-CeO_2$, $ZrO_2-Y_2O_3-Al_2O_3$ » является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для биомедицинского материаловедения. Диссертация соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года (ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020), соответствует паспорту специальности 02.00.04 — физическая химия в пунктах 1, 2, 3, 11 а её автор, Надежда Юрьевна Федоренко заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 — физическая химия.

Заведующий кафедрой общей и биоорганической химии
Заведующий лабораторией биомедицинского материаловедения
ФГБОУ ВО Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова (ПСПбГМУ им. И. П. Павлова),
доктор химических наук по специальностям 02.00.01 — неорганическая химия, 02.00.04 — физическая химия
Константин Николаевич Семенов

Адрес ПСПбГМУ им. И. П. Павлова: ул. Льва Толстого, д. 6–8, 197022,
Санкт-Петербург, Россия
тел.: +7(812)338-70-76 (сл.); +7(952)215-19-05 (моб.)
e-mail: knsemenov@gmail.com

9 ноября 2020 г.



Подпись руки заверяю: *К.Н. Семенов*
Специалист по кадрам: *У*
Е.В. Руденко
09. 11. 2020 20 г.