



ВНИИНМ  
РОСАТОМ

ОРГАНИЗАЦИЯ АО «ТВЭЛ»

**Акционерное общество  
«Высокотехнологический научно-  
исследовательский институт  
неорганических материалов имени  
академика А.А. Бочвара»  
(АО «ВНИИНМ»)**

ул. Рогова, д. 5а, Москва, 123098  
Телефон: (499) 190-89-99,  
E-mail: vniinm@rosatom.ru  
ОКПО 07625329, ОГРН 5087746697198  
ИНН 7734598490, КПП 775050001

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Афзал Аси Мохаммадовны  
«Получение мелкозернистой керамики из композитных наноструктурированных  
порошков на основе графена и оксида циркония», представленной на соискание  
учёной степени кандидата технических наук по специальности  
2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Создание отечественной технологии производства инновационных материалов для энергетики, электронной, химической и машиностроительной отраслей является одним из основных направлений технического развития страны в ближайшие годы. Представленная диссертационная работа посвящена одному из наименее разработанных направлений – создание графенсодержащих композитных порошковых и керамических материалов. В автореферате Афзал А.М. структурированно изложено содержание диссертации, ее основные результаты и их практическая значимость.

Цель работы: создание научных основ экологически приемлемой и экономичной технологии нано- и субмикронных композитных порошков широкого спектра назначения на основе бескислородного графена и оксида циркония, предназначенных для разработки новых мелкозернистых керамических материалов, востребованных в энергетике, микроэлектронике, промышленном катализе, в соответствии с программой импортозамещения.

Своевременность появления работы и ее актуальность неоспоримы, поскольку в настоящее время в отечественных производствах, связанных с энергетикой, машиностроением и электроникой, остро востребованы новые материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками, а также материалы специального и двойного назначения. Для их создания необходима разработка оптимальных технологических режимов получения наноструктурированных порошков и получения новых материалов из них, в

частности, новых видов мелкозернистой керамики широкого спектра назначения, так необходимой для создания малоразмерных технических средств.

Научная новизна работы заключается в том, что она предлагает перспективный путь создания отечественной технологической платформы для производства новых материалов, способных обеспечить суверенную критическую инфраструктуру. Она четко сформулирована в 7 пунктах, охватывающих все разделы исследования. Предложенный подход ориентирован на создание материалов с заданными свойствами. Впервые синтезированы наноструктурированные композитные порошки на основе графена и оксида циркония с равномерным распределением компонентов в объеме на наноуровне. Предложены механизмы формирования композитных наноструктурированных порошков и их спекания. Большое внимание уделено изучению деталей процесса формирования гибридных структур с участием графена и особенностей взаимодействия составляющих их компонентов.

Практическая ценность и теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в результате комплексного исследования разработан научно обоснованный и технологически перспективный способ синтеза наноструктурированных композитных материалов, открывающий реальные возможности для создания отечественной технологии облегченных и одновременно упрочненных керамических материалов, и функциональных покрытий. Он не предполагает использования сложного и дорогостоящего оборудования и жестких окисляющих и токсичных реагентов (экологическая приемлемость), а отсутствие стадии промывки водой обеспечивает экономичность процесса в целом. Полученные результаты могут быть использованы при создании отечественных конкурентоспособных инновационных технологий в рамках программы импортозамещения.

Работа носит характер законченного исследования, охватывающего операции от приготовления исходных растворов солей циркония и суспензий графена в различных средах до получения модельных керамических образцов тремя способами: горячего прессования, вакуумного спекания и искрового плазменного спекания.

По работе имеется одно замечание:

В научной новизне утверждается, что листы графена способствуют сохранению нанокристалличности  $ZrO_2$  при спекании, но механизм этого эффекта не раскрыт более подробно. В дальнейшем, по-видимому, планируется рассмотреть различные механизмы (например, ограничение диффузии атомов циркония из-за их контакта с графеном на границах нанокристаллов  $ZrO_2$ ), привести косвенные

доказательства (данные РФА до/после спекания) и провести сравнение с системами без графена.

Автореферат Афзал А.М. полностью отражает содержание диссертации, которая выполнена на высоком научно-техническом уровне материаловедческих исследований. Об этом свидетельствуют большое количество статей в высокорейтинговых рецензируемых журналах мирового уровня (9), два патента РФ на изобретение и 35 публикаций в материалах конференций. Подача материала и оформление автореферата соответствует требованиям ВАК, изложенным в пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, и паспорту специальности 2.6.5. – Порошковая металлургия и композиционные материалы. Ее автор, Афзал Ася Мохаммадовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Главный эксперт,

канд. хим. наук по специальности 05.17.02

«Технология редких, рассеянных  
и радиоактивных элементов»

Александр Александрович Семенов

Директор отделения,

канд. техн. наук по специальности 05.17.02

«Технология неорганических веществ»



Алексей Владимирович Лизунов

Авторы отзыва согласны на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.1.078.02 при ФГБУН ИМЕТ РАН, и их дальнейшую обработку, необходимую для процедуры защиты диссертации Афзал Аси Мохаммадовны.

Семенов Александр Александрович  
(499) 190-89-99 доб. 80-59