

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 18.06.01 Химическая технология / 05.17.11 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов  
Инженерная школа новых производственных технологий  
Отделение материаловедения

**Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
<b>Структура и свойства керамических композитов, модифицированных углеродными нанотрубками и нановолокнами Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>

УДК 620.22-419.8:666.3-048.25:620.18

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А5-53	Леонов А.А.		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Верещагин В.И.	Д.т.н., профессор		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель отделения	Клименов В.А.	Д.т.н., профессор		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Хасанов О.Л.	Д.т.н., профессор		

Томск – 2019 г.

## Аннотация

Тема исследований: «Структура и свойства керамических композитов, модифицированных углеродными нанотрубками и нановолокнами  $Al_2O_3$ »

Ключевые слова: Керамические композиты, структура керамических материалов, фазовый состав, физико-механические свойства, диоксид циркония, оксид алюминия, углеродные нанотрубки, нановолокна оксида алюминия.

**Объекты исследования:** композитные порошки на основе  $ZrO_2$  и  $Al_2O_3$ , содержащие добавки одностенных/многостенных УНТ и нановолокон  $Al_2O_3$ , и композиты, полученные из данных порошков методом электроимпульсного плазменного спекания.

**Предмет исследования:** закономерности влияния вводимых добавок УНТ и нановолокон  $Al_2O_3$  на структуру, фазовый состав и физико-механические свойства спеченных композитов.

**Во введении** дано обоснование выбора темы, поставлены цель и задачи исследования, раскрыта актуальность данного направления, научная новизна и теоретическая и практическая значимость работы.

**В первой главе** представлен аналитический обзор литературы по теме исследования, включающий в себя классификацию армирующих наполнителей, свойства каждого из них, реализующиеся механизмы упрочнения в армированных композитах, основные результаты, полученные для композитов на основе  $ZrO_2$  и  $Al_2O_3$ .

**Во второй главе** представлены сведения об исходных порошковых материалах – морфология, гранулометрический состав, удельная поверхность, фазовый состав и элементный анализ. Описана методика приготовления композитных порошков. Представлена информация об экспериментальном и аналитическом оборудовании. Изложены стандартные лабораторные методики измерения физико-механических характеристик композитов, приведены методики расчета данных величин.

**Третья глава** посвящена установлению закономерностей формирования структур, фазового состава в композитах в корреляции от типа и концентрации добавки и влияние данных преобразований на физико-механические свойства композитов. Описываются оптимизационные условия исследуемых композитов для достижения максимальных физико-механических свойств.

**В заключении** обобщены полученные результаты и представлены основные выводы по работе.

### Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

1. Leonov A. Effect of alumina nanofibers content on the microstructure and properties of ATZ composites fabricated by spark plasma sintering // Materials Today: Proceedings. – 2019. – V. 11. – P 66–71.

2. Leonov A.A., Abdulmenova E.V. Alumina-based composites reinforced with single-walled carbon nanotubes // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 511. – P. 012001.
3. Leonov A.A., Khasanov A.O., Danchenko V.A., Khasanov O.L. Spark plasma sintering of ceramic matrix composite based on alumina, reinforced by carbon nanotubes // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – V. 286. – P. 012034.
4. Leonov A.A. Microstructure and properties of single wall carbon nanotubes/zirconia composite // Химическая технология функциональных наноматериалов: сборник материалов международной конференции со школой и мастер-классами для молодых ученых, Москва, 30 Ноября-1 Декабря 2017. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017 – С. 35–37.
5. Леонов А.А., Хасанов О.Л. Керамоматричный композит на основе диоксида циркония, армированный нановолокнами оксида алюминия // Третий Байкальский материаловедческий форум: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием: в 2 т., Улан-Удэ, 9-15 Июля 2018. – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2018 – Т. 1 – С. 180–181.
6. Леонов А.А., Цуканов В.А., Пайгин В.Д. Структура и свойства керамических композитов  $ZrO_2$ , модифицированных различными армирующими наполнителями // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 7 т., г. Томск, 24-27 апреля 2018. – Томск: Изд. дом ТГУ, 2018 – Т.1. Физика. – С. 180–182.
7. Леонов А.А. Получение композитных порошков  $ZrO_2$ /ОУНТ и  $ZrO_2$ /нановолокна  $Al_2O_3$  // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 90–91.
8. Леонов А.А., Пайгин В.Д., Цуканов В.А. Влияние относительного содержания одностенных УНТ на механические свойства композитов на основе кубического диоксида циркония // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XX Международной научно-практической конференции профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых, Томск, 20-23 Мая 2019. – Томск: ТПУ, 2019 – С. 79–80.
9. Леонов А.А. Керамический композит корунд/многостенные углеродные нанотрубки, полученный по технологии электроимпульсного плазменного спекания // Физика твердого тела: сборник материалов XVI Российской научной студенческой конференции, Томск, 17-20 Апреля 2018. – Томск: НТЛ, 2018 – С. 68–70.
10. Леонов А.А., Пайгин В.Д., Толкачёв О.С., Алишин Т.Р. Структурно-фазовые превращения нановолокон оксида алюминия // Перспективные материалы

конструкционного и медицинского назначения: сборник трудов Международной научно-технической молодежной конференции, Томск, 26-30 ноября 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 64–66.

11. Леонов А.А., Толкачев О.С., Алишин Т.Р. Физико-механические свойства керамоматричных композитов  $ZrO_2$ /нановолокна  $Al_2O_3$ , полученных свободным спеканием // Перспективные материалы конструкционного и медицинского назначения: сборник трудов Международной научно-технической молодежной конференции, Томск, 26-30 ноября 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 355–356.

12. Толкачев О.С., Леонов А.А., Алишин Т.Р., Пайгин В.Д. Формирование структуры композитной керамики на основе  $ZrO_2$  и нановолокон  $Al_2O_3$  при свободном спекании // Перспективные материалы конструкционного и медицинского назначения: сборник трудов Международной научно-технической молодежной конференции, Томск, 26-30 ноября 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 239–241.

13. Леонов А.А., Бикбаева З.Г. Керамические композиты на основе оксида алюминия, модифицированные одностенными углеродными нанотрубками // Перспективные материалы конструкционного и медицинского назначения: сборник трудов Международной научно-технической молодежной конференции, Томск, 26-30 ноября 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 190–191.

14. Цуканов В.А., Леонов А.А. Физико-механические свойства нанокompозитов на основе  $ZrO_2$ , армированных одностенными углеродными нанотрубками // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 7 т., г. Томск, 24-27 апреля 2018. – Томск: Изд. дом ТГУ, 2018 – Т.1. Физика. – С. 331–333.

15. Леонов А.А. Влияние температуры спекания на микроструктуру и свойства композита на основе корунда, модифицированного многостенными углеродными нанотрубками // Химическая технология функциональных наноматериалов: сборник материалов международной конференции со школой и мастер-классами для молодых ученых, Москва, 30 Ноября-1 Декабря 2017. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017 – С. 145–147.

16. Leonov A.A. Comparative analysis of the size distribution of  $ZrO_2$  nanopowders obtained from aqueous solutions of their salts // Nanostructured Materials: Programme and Abstracts of 2nd International Young Scientists School, Tomsk, May 12-15, 2016. – Tomsk: TPU Publishing House, 2016 – p. 42.