

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.078.04  
на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской  
академии наук (ИМЕТ РАН)  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА  
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 26 октября 2023 г. № 10-2023

О присуждении ЧЕРНЯВСКОМУ АНДРЕЮ СТАНИСЛАВОВИЧУ,  
гражданство РФ, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Разработка физико-химических основ технологии изготовления керамических изделий полным оксидированием или нитридизацией металлических заготовок заданной формы» по специальности 2.6.14 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» принята к защите 6 июля 2023 года, протокол № 4-2023, диссертационным советом 24.1.078.04 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), 119334, ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, д. 49, созданным приказом Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель, Чернявский Андрей Станиславович, 1965 года рождения, в 1989 году завершил обучение на кафедре технологии редких и рассеянных элементов инженерного физико-химического факультета Московского химико-технологического института (МХТИ) им. Д.И. Менделеева с присвоением квалификации «Инженер-технолог» по специальности «Технология редких и рассеянных элементов». С 1989 по 1993 гг. обучался в заочной аспирантуре Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН) по направлению 02.00.01 «Неорганическая химия» и работал в лаборатории «Энергоемких веществ и

материалов». В 2000 году перевелся в Институт физико-химических проблем керамических материалов Российской академии наук (ИПК РАН). С 2008 г. по настоящее время Чернявский А.С. работает в Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), в настоящее время занимает должность ведущего научного сотрудника в лаборатории Новых технологий металлических и керамических материалов.

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук «Сотовые и волокнистые оксидные керамические изделия, получаемые окислительным конструированием» по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов Чернявский А.С. защитил 7 апреля 2011 г в диссертационном совете Д 002.060.04 ИМЕТ РАН (диплом серия ДКН № 137609 от 10 июня 2011 г № 25к/134).

**Диссертация выполнена** в лаборатории Новых технологий металлических и керамических материалов ИМЕТ РАН.

**Научный консультант** – доктор химических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией новых технологий металлических и керамических материалов, научный руководитель ИМЕТ РАН **Солнцев Константин Александрович**.

**Официальные оппоненты:**

**Гусаров Виктор Владимирович**, д.х.н., профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (ФТИ им. А.Ф. Иоффе (Ioffe Institute) РАН);

**Перевислов Сергей Николаевич**, д.т.н., начальник лаборатории технической керамики НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей»;

**Симоненко Елизавета Петровна**, д.х.н., главный научный сотрудник лаборатории химии легких элементов и кластеров ИОНХ РАН; дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина» (АО ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина), в своем положительном заключении, составленном начальником лаборатории по разработке материалов на основе нитридов, карбидов и боридов для изделий ракетной техники, к.ф-м.н. Лисаченко М. Г., утвержденном Первым заместителем генерального директора АО ОНПП «Технология» Опариным А.И., отмечают, что диссертационная работа Чернявского А.С. является самостоятельной завершенной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, в которой разработаны теоритические положения, совокупность которых можно квалифицировать, как научное достижение в технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов и создания керамических изделий сложной формы. Разработанные в диссертации подходы могут быть использованы при исследованиях других, не затронутых в диссертации материалов. Например, в важном для прикладных задач материале – реакционносвязанном нитриде кремния. Основные результаты диссертационной работы, выполненной Чернявским А.С. имеют важное значение для экономики Российской Федерации: в работе решается крупная научная проблема, связанная с развитием технологии создания керамических материалов сложной формы. Внедрение предложенного подхода позволит заместить металлические функциональные элементы керамическими, значительно повысив эффективность используемых технологий. Разработанные автором основы технологии изготовления керамических изделий полным оксидированием или азотированием металлических заготовок заданной формы могут быть использованы при производстве сотовых и волокнистых каталитических и термических фильтров для очистки горячих газов, тепловыделяющих элементов газовых реакторов, нерасходуемых электродов для выплавки металлов, топливных элементов и других изделий с тонкостенными керамическими элементами.

Диссертационная работа является законченной и соответствует критериям, установленным п. п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям, а ее автор Чернявский А. С. заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Диссертационная работа Чернявского А.С. рассмотрена и обсуждена на заседании Ученого совета АО ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина «03» сентября 2023 г. (протокол №6-2023).

Ведущая организация АО ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина в своем положительном заключении делает соискателю следующие замечания:

1. В своей диссертационной работе автор использует термин «окислительное конструирование», под которым понимается процесс создания керамических изделий заданной формы, основывающийся на прямом контролируемом взаимодействии исходных металлических заготовок с газом-окислителем или газовыми смесями разного состава. Правомерность применения этого термина к процессу получения керамик на основе нитридов различных металлов вызывает сомнение.

2. Численное моделирование процессов диффузии ограничено рассмотрением процессов при азотировании титана и циркония. В то же время, в работе получены обширные экспериментальные данные по многим другим нитридам и оксидам. Было бы полезно также выполнить расчеты для этих систем.

3. При сравнении свойств керамики, полученной прямым оксидированием или азотированием металлических заготовок, с керамикой, создаваемой по традиционным керамическим технологиям, желательнее сравнить их прочностные (в том числе высокотемпературные) характеристики.

Замечания носят рекомендательный характер, не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования и не влияют на научную и практическую значимость полученных результатов.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован** высоким уровнем компетенции в области технологий силикатных и тугоплавких неметаллических материалов разного состава, наличием публикаций в рецензируемых научных журналах и достижений в области разработки и применения керамических материалов. Высокая научная квалификация и авторитет официальных оппонентов и ведущей организации позволяет объективно оценить научную и практическую значимость представленной диссертационной работы.

Результаты работы Чернявского А.С. изложены в 39 статьях в рецензированных научных изданиях, рекомендованных ВАК, Web of Science и Scopus, 10 патентах на изобретение, а также в многочисленных тезисах докладов на международных и всероссийских научных конференциях.

#### **Основные публикации по теме диссертации:**

Основные публикации по теме диссертации представлены в журналах Доклады академии наук, Неорганические материалы, Russian Journal of Inorganic Chemistry, Перспективные материалы, Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies, Journal of Physics, Mendeleev Communications, Materials Science and Engineering и 10 патентах:

1. Thin-walled monolithic metal oxide structures made from metals, and methods for manufacturing such structures / K. Solntsev, E. Shustorovich, S. Myasoedov, V. Morgunov, **A. Chernyavskii**, Yu. Buslaev, R. Montano, A. Shustorovich // Pat. USA No. 6, 045, 628. – 2000.

2. Thin-walled monolithic metal oxide structures made from metals, and methods for manufacturing such structures / K. Solntsev, E. Shustorovich, S. Myasoedov, V. Morgunov, **A. Chernyavskii**, Yu. Buslaev, R. Montano // Pat. USA No. 6, 051, 203. – 2000.

3. Thin-walled monolithic metal oxide structures made from metals, and methods for manufacturing such structures / K. Solntsev, E. Shustorovich, S. Myasoedov, V. Morgunov, **A. Chernyavskii**, Yu. Buslaev, R. Montano, A. Shustorovich // Pat. USA No. 6, 071, 590. – 2000.

4. Thin-walled monolithic metal oxide structures made from metals, and methods for manufacturing such structures / K. Solntsev, E. Shustorovich, S. Myasoedov, V. Morgunov, **A. Chernyavskii**, Yu. Buslaev, R. Montano, A. Shustorovich // Pat. USA No. 6, 077, 370. – 2000.

5. Methods of making sintered metal oxide articles / K. Solntsev, E. Shustorovich, S. Myasoedov, V. Morgunov, **A. Chernyavskii**, Yu. Buslaev, R. Montano, A. Shustorovich // Pat. USA No. 6, 461, 562. – 2002.

6. Способ получения нитрида тугоплавкого металла, изделия из него, полученные этим способом, и их применение / К. Б. Кузнецов, К. А. Солнцев, **А. С. Чернявский** // Патент на изобретение RU 2 337 058 C2. – 2008.

7. Покрытие на имплант из титана и его сплавов и способ его приготовления / К. А. Солнцев, Е. А. Дробаха, Г. С. Дробаха, **А. С. Чернявский** // Патент на изобретение RU 2 502 526 C1. – 2013.

8. Способ получения фотокаталитического диоксида титана модификации анатаз и брукит на поверхности керамического изделия из рутила, полученного окислительным конструированием / И. А. Ковалев, А. Б. Тарасов, А. В. Шокодзько, **А. С. Чернявский**, К. А. Солнцев // Патент на изобретение RU 2 678 206 C1. – 2019.

9. Способ получения высокотемпературных керамических термоэлектрических преобразователей для высокотемпературной термометрии из нитридов элементов подгрупп титана и ванадия методом окислительного конструирования. И. А. Ковалев, Г. П. Кочанов, И. Д. Рубцов, А. И. Шокодзько, **А. С. Чернявский**, К. А. Солнцев. // Патент на изобретение RU 2 783 871 C1. – 2021

10. Способ получения светопоглощающей керамики / А. И. Ситников, Д. А. Иванов, **А. С. Чернявский**, К. А. Солнцев // Патент на изобретение RU 2 759 827 С1. – 2022

На автореферат диссертационной работы Чернявского А.С, поступило **12 отзывов**. Все отзывы положительные, ряд отзывов имеют рекомендации и замечания:

1. **Отзыв** д.ф-м.н., доцента, профессора кафедры Физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВГТУ»), Белоногова Е.К. содержит следующие замечания:

– в автореферате на стр. 3 даны две формулировки Цели работы и одна из них дублирует тему диссертации. Название (тема) работы – крупная проблема, группа явлений, эффект и закономерности исследуемых процессов, а цель – очень конкретное достижение в фундаментальном или прикладном аспекте. Совпадение названия с целью размывает цель либо сужает тематику работы. В данном случае произошло первое.

– положения, выносимые на защиту, по большей части дублируют выводы работы, а не объединяют их концептуально.

– на стр. 27 указано: «на рисунке 36 плотность дислокаций  $5 \times 10^{11} \text{ см}^{-1}$ , но обсуждается другой рисунок, а величина плотности явно завышена. Ошибка в размерности – не  $\text{см}^{-1}$ , а  $\text{см}^{-2}$ , т.е. это не линейная, а поверхностная плотность дислокаций. Там же: «Тот факт, что дислокации разного знака не аннигилировали при температуре синтеза, свидетельствует о предельно низкой пластичности  $\text{ZrN}$ »; однако, с большей вероятностью можно полагать, что эти дислокации образовались после синтеза в процессе пробоподготовки (резка ионным пучком и перемещение вырезанной фольги).

2. **Отзыв** заместителя директора по научной работе ИСМАН, д.т.н. Бажина П.М. содержит следующее замечание:

– вопрос радиационной стойкости керамики на основе нитридов подгруппы титана и ванадия требует более детального исследования.

3. **Отзыв** профессора кафедры «Материаловедения и физики металлов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (ФГБОУ ВО УУНиТ) д.ф-м.н. Зарипова Н.Г. содержит следующее замечание:

– в работе используется термин «преформа», однако определение термина «преформа» автор не дает.

4. **Отзыв** заведующего кафедрой «Материаловедение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), д.т.н. Кургановой Ю.А. содержит следующее замечание:

– в подписи к рис. 43 на стр. 29 использован некорректный термин «ход концентраций».

5. **Отзыв** заведующего кафедрой порошковой металлургии и функциональных покрытий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», директора Научно-учебного центра СВС МИСиС-ИСМАН, д.т.н., профессора, академика РАН Левашова Е.А. содержит следующее замечание:

– в подписи к таблице 2 на стр. 29 имеется некорректная фраза - «коэффициент диффузии нестехиометрического нитрида несколько выше, чем приповерхностного». Автору следовало бы вместо слова «приповерхностный» указать «твердый раствор азота в титане».

6. **Отзыв** заведующего кафедрой «Химия и химическая технология материалов» физико-химического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина



Ю.А.», д.х.н., профессора Гороховского А.В. содержит следующее замечание:

– не на всех микрофотографиях приведена размерная шкала, что затрудняет оценку размеров объектов.

7. **Отзыв** заведующего кафедрой наноматериалов Факультета наук о материалах Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», зам. декана ФНМ, член-корр. РАН д.х.н., Гудилина Е.А. содержит следующее замечание дискуссионного характера:

– Возможно ли распространение рассмотренных подходов на другие, помимо нитридов, системы бескислородных керамических материалов, карбидов, силицидов и т.д.?

– Возможно ли получение в рамках предложенного подхода высококачественных монокристаллических материалов сложного (многокомпонентного) состава на основе оксидов и нитридов?

8. **Отзыв** профессора кафедры «Оборудование и технологии сварочного производства» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», д.т.н., Латыпова Р.А. содержит следующее замечание:

– автор не поясняет, почему при измерении предела прочности на изгиб композита Zr-ZrN наблюдается значительная погрешность измерения ( $\pm 80$  Мпа).

9. Отзыв профессора кафедры наноматериалов факультета наук о материалах Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, зам. декана ФНМ по научной работе, член-корр. РАН д.х.н. Лукашина А.В. содержит следующее замечание:

– единицы измерения желательнo приводить в метрической системе единиц (например, количеством рабочих каналов в  $\text{отв}/\text{см}^2$  вместо  $\text{отв}/\text{дюйм}^2$ ).

10. **Отзыв** ведущего научного сотрудника лаборатории химии легких элементов и кластеров ИОНХ РАН, д.х.н. Авдеевой В.В. содержит следующее замечание:

– в автореферате присутствует нечеткое графическое оформление ряда результатов (например, рис. 18 и 59).

11. В отзыве д.х.н., профессора, ректора Ивановского государственного политехнического университета Румянцева Е.В. отмечается, что в автореферате нет подробного описания аппаратурных и методических особенностей синтеза волокнистых керамических материалов.

12. Отзыв д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Инженерная физика и физика материалов» Уфимского университета науки и технологий Шаяхметова У.Ш. не содержит замечаний.

**В дискуссии по диссертационной работе приняли участие:** : д.х.н., Кецко В.А. (ИОНХ РАН); д.х.н. Беляков А.В. (РХТУ им. Менделеева); д.т.н. Красный Б.Л. (генеральный директор НТЦ Бакор); чл.-корр. РАН, д.т.н. Комлев В.С. (директор ИМЕТ РАН); академик РАН, д.х.н. Бузник В.М. (ВИАМ); д.ф.-м.н. Белоусов В.В. (ИМЕТ РАН); д.х.н. Падалко А.Г. (ИМЕТ РАН); академик РАН, профессор, д.ф.-м.н. Ивлев В.М.

**Диссертационный совет** отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработаны** физико-химические основы и предложена технология изготовления керамических изделий полным оксидированием или нитридизацией металлических заготовок заданной формы;

- **установлено**, что образование керамики происходит в результате полистадийного процесса оксидирования или нитридации металлических заготовок, контролируемого парциальными коэффициентами диффузии компонентов процесса;

- **показано**, что формирование структуры керамики в полистадийном процессе оксидирования сплавов протекает в соответствии с химическим сродством каждого металла в сплаве к газу-окислителю;
- **выявлено**, что образование свободного объема является следствием различия парциальных коэффициентов диффузии на большое расстояние атомов металла и окислителя;
- **доказано**, что двухстадийность кинетики отражает стадии образования твердого раствора и его полного превращения в соединения стехиометрического состава;
- **установлено**, что наследственность процесса проявляется в последовательном формировании керамических слоев, текстура которых согласуется с текстурой исходных образцов металла и является следствием процесса эндотаксии оксида или нитрида относительно твердого раствора газа-окислителя в металле.

**Теоретическая значимость диссертационного исследования обоснована тем, что:**

- **разработан** подход к прогнозированию и сохранению заданных формы и размеров керамических изделий с учетом различия парциальных коэффициентов диффузии и возможного образования свободного объема;
- **установлена** стадийность процесса формирования керамики, проявляющаяся в кинетике процесса, изменении элементного состава и структуры с учетом формы, размеров и химического состава заготовок;
- **установлено** что формирование текстуры керамики - результат эндотаксии оксида или нитрида в твердом растворе окислитель-металл.
- **реализован** процесс создания керамики при температуре выше температуры перитектики с образованием жидкой фазы в объеме в соответствии с диаграммой состояния системы;
- **реализован** процесс создания керамики на основе оксидов титана, железа, меди, никеля, алюминия и твердых растворов металлов,

нитридов металлов подгрупп титана и ванадия, базирующийся на поочередном окислении или нитридации металлов с различным химическим сродством к газу-окислителю и образованием наиболее термодинамически устойчивых стехиометрических соединений.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- **разработан** способ создания тонкостенных керамических изделий, базирующийся на одностадийном процессе окисления или нитридации металлических образцов разнообразной формы;
- процесс **реализован** в создании устройств экологического обеспечения высокотемпературной утилизации горючих твердых отходов, каталитической и термической очистки газов от примесей на основе ячеистых сотовых блоков с большим (до 1000 отв/кв. дюйм) количеством рабочих каналов с развитой и активной поверхностью, в перспективном тепловыделяющем элементе для высокотемпературного газового реактора, нерасходуемом электроде для выплавки алюминия на основе железоникелевой шпинели, высокопроизводительных керамических волокнистых фильтрах для очистки горячих газов;
- результаты проведенных исследований **внедрены** в производство и используются в ООО «Аврора Бореалис» в узле обезвреживания и глубокой очистки отходящих дымовых газов установки по высокотемпературной утилизации отходов серии «Аврора»;
- новизна разработок **подтверждена** десятью российскими и иностранными патентами на изобретения.

**Оценка достоверности результатов исследований выявила:**

Обоснованность и достоверность результатов исследований, содержащихся в диссертационной работе, определяются выполнением всех исследований с использованием комплекса современных приборов и оборудования для изучения структуры, субструктуры, фазового состава; исследований механических свойств с применением высокоточных

испытательных машин в соответствии с принятыми ГОСТами и международными стандартами; химических свойств с использованием контроля элементного состава; контроля состава газовых сред с использованием высокочувствительных газоанализаторов, в том числе с использованием современных методов компьютерной обработки данных.

**Личный вклад автора:**

заключался в постановке целей и задач, разработке экспериментальных методик, непосредственном проведении экспериментов, обработке, анализе и обобщении полученных результатов. Вклад автора в постановку задач исследований и интерпретацию результатов исследований, выполненных в соавторстве, являлся определяющим. Часть экспериментов выполнена в рамках работы над диссертациями на соискание ученой степени кандидата химических наук И.А. Ковалева (2018 г ИМЕТ РАН Диссертационный совет Д 002.060.04) и кандидата технических наук А.В. Шокодько (2018 г ИМЕТ РАН Диссертационный совет Д 002.060.04), научным консультантом которых являлся автор.

**Диссертационный совет констатирует,** что диссертация Чернявского А.С. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача разработки физико-химических научных основ технологии керамики, основанной на процессах полного окислирования или нитридации заготовок из металлов и сплавов разной формы – окислительного конструирования. По своему содержанию диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

**На заседании 26.10.2023 г. диссертационный совет 24.1.078.04 пришел к выводу о том,** что диссертация Чернявского А.С. по своей актуальности и практической значимости соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым

к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Чернявский Андрей Станиславович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по научной специальности 2.6.14 и технической отрасли наук, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 17, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Зам. председателя  
диссертационного совета 24.1.078.04,  
чл.-корр. РАН, д.т.н.



В.С. Комлев

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.1.078.04,  
к.г.-м.н.

С.Н. Ивичева

26.10.2023 г.