

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.276.06,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от **12.03.2025** года, протокол № 1

О присуждении Кашибадзе Виталию Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Полимерные композиты, наполненные модифицированным оксидом и карбидом вольфрама, для радиационной защиты линейных ускорителей электронов с энергией до 10 МэВ» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (технические науки) принята к защите 24 декабря 2024 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.276.06, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, приказ №1501/нк от 12.07.2023 г.

Соискатель Кашибадзе Виталий Валерьевич, 27 марта 1988 года рождения. В 2010 г. с отличием окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» по специальности «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», специализация «Нанотехнологии в строительном материаловедении».

С 2020 по 2024 г. обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» (направленность – Физика конденсированного состояния).

Соискатель работает в должности старшего научного сотрудника в научно-исследовательской лаборатории «Разработка научно-технических основ создания полимерных систем из возобновляемого растительного сырья» управления научно-исследовательских работ Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Теоретическая и прикладная химия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Павленко Вячеслав Иванович работает в должности заведующего кафедрой «Теоретическая и прикладная химия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

1. Федоров Виктор Александрович – доктор физико-математических наук (01.04.07 – Физика твердого тела), профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры теоретической и экспериментальной физики ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина».

2. Ушаков Иван Владимирович – доктор технических наук (01.04.07 – Физика конденсированного состояния), доцент, заведующий кафедрой физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (Московская область, г. Долгопрудный) **в своем положительном отзыве**, подписанном Никитовым Сергеем Апполоновичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой электроники, **указала, что диссертация Кашибадзе Виталия Валерьевича** на тему: «Полимерные композиты, наполненные модифицированным оксидом и карбидом вольфрама, для радиационной защиты линейных ускорителей электронов с энергией до 10 МэВ» выполнена на актуальную тему, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится **решение научной задачи** по получению композиционных материалов для радиационной защиты линейных ускорителей электронов с энергией до 10 МэВ, обладающих повышенными физико-механическими, теплофизическими свойствами и радиационной стойкостью, имеющей **существенную значимость** для развития соответствующей отрасли знаний фундаментального и прикладного характера для физики конденсированного состояния. Результаты работы широко опубликованы и апробированы. Полученные в диссертации результаты, научные положения и сформулированные выводы обоснованы, достоверны, обладают новизной, имеют теоретическую и практическую значимость. Текст написан автором самостоятельно грамотным техническим языком, графический материал выполнен на высоком уровне.

По актуальности затронутых вопросов, научной новизне и практической значимости, числу публикаций диссертация на тему: «Полимерные композиты, наполненные модифицированным оксидом и карбидом вольфрама, для радиационной защиты линейных ускорителей электронов с энергией до 10 МэВ» соответствует требованиям, изложенным в пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор **Кашибадзе Виталий Валерьевич**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Соискатель по теме диссертации опубликовал 19 работ, в том числе: 6 работ – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 3 работы – в зарубежных изданиях, индексируемых международными библиографическими базами данных Scopus и Web of Science. Получен 1 патент РФ на изобретение № 2782759 и 2 свидетельства о регистрации ноу-хау (№ 20210019, № 20210040). Общий объем работ по теме диссертации в научных изданиях – 16,30 печ.л., авторский вклад – 6,64 печ.л. Общий объем работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ – 6,53 печ.л., авторский вклад – 2,84 печ.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты исследования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

В журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий и международные реферативные базы данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК РФ

1. Павленко, В.И. Полимерный композиционный материал для радиационной защиты линейных ускорителей электронов / В.И. Павленко, Г.Г. Бондаренко, **В.В. Кашибадзе**, С.Н. Домарев // Перспективные материалы. – 2024. – № 7. – С. 42–50.

2. Павленко, В.И. Влияние протонного и гамма-излучения на полимерный композит / В.И. Павленко, А.В. Носков, Р.В. Сидельников, В.А. Шуршаков, **В.В. Кашибадзе**, А.Ю. Ручий // Физика твердого тела. – 2024. – Т. 66, вып. 1. – С. 131-141.

3. Павленко, В.И. Защитные свойства многокомпонентного материала при облучении электронами с энергией 5 MeV и гамма-излучением с энергией от 0.570 до 1.252 MeV / В.И. Павленко, Р.В. Сидельников, **В.В. Кашибадзе**, Д.С. Романюк, А.Ю. Ручий, С.Н. Домарев // Журнал технической физики. – 2024. – Т. 94, вып. 5. – С. 762–770.

4. Павленко, В.И. Воздействие давления прессования на характеристики радиационно-защитных композитов / В.И. Павленко, Д.С. Романюк, **В.В. Кашибадзе**, О.В. Куприева О.В. // Прикладная механика и техническая физика. – 2024. – Т. 65, № 3 (385). – С. 107–115.

5. Павленко, В.И. Модификация поверхности полимерных пленок

пучком низкоэнергетических (8.5 кэВ) электронов / В.И. Павленко, С.Н. Домарев, О.Д. Едаменко, **В.В. Кашибадзе**, А.Ю. Ручий // Журнал технической физики. – 2024. – Т. 94, вып. 10 – С. 1738–1746.

6. Павленко, В.И. Особенности формирования пленок оксида кремния, модифицированных наночастицами металла / В.И. Павленко, А.И. Городов, Р.Н. Ястребинский, М.С. Лебедев, **В.В. Кашибадзе** // Нанотехнологии в строительстве. – 2023. – Т. 15, № 5. – С. 465–473.

На автореферат поступило 6 отзывов от:

1. Доктора физико-математических наук (специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния), доцента, профессора кафедры физики, и.о. директора института компьютерных и инженерных наук ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет» **Нещименко Виталия Владимировича**, 2 замечания: 1. В автореферате указано, что для повышения радиационной стойкости разработанных композитов проводили их радиационно-термическое модифицирование. Почему образцы облучались до поглощенной дозы 200 кГр? 2. В автореферате не указано почему не исследовались защитные покрытия на поверхности композитов из карбида вольфрама и никеля другой толщины.

2. Доктора технических наук (специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния), и.о. заведующего лабораторией №33 Ядерного реактора ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» **Варлачева Валерия Александровича**, 2 замечания: 1. В автореферате указано, что разработанные материалы рекомендуется использовать для биологической защиты линейных ускорителей электронов именно с энергией до 10 МэВ. Почему именно такое ограничение энергии? Рассматривал ли автор использование разработанных материалов для защиты от более высоких энергий электронов? 2. В своей работе автор исследует возможность повышения теплопроводности полимерных композитов путем введения коллоидного графита. В автореферате указано, что максимальная концентрация вводимого коллоидного графита составляет 10 %. Не совсем понятно, почему автор остановился на этой концентрации, а если ввести больше, то теплопроводные свойства еще улучшатся?

3. Доктора физико-математических наук (специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния), профессора кафедры высшей математики и физики ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» **Савотченко Сергея Евгеньевича**, без замечаний.

4. Доктора технических наук (специальность 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы), профессора, заслуженного деятеля науки РФ, профессора кафедры «Энергетические системы и комплекса традиционных и возобновляемых источников энергии» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» **Якимовича Бориса Анатольевича**, 2 замечания: 1. Автор указывает, что основными недостатками полимеров является низкая совместимость с радиационно-защитными наполнителями

высокой плотности, однако, плотность карбида вольфрама почти в два раза выше плотность оксида вольфрама, из текста автореферата не ясно, обладают ли данные наполнители хорошей совместимостью с полимерной матрицей или это решается определенным методом. 2. В автореферате не указано за счет чего добавление коллоидного графита позволяет регулировать теплопроводность фторопластовых композитов.

5. Доктора химических наук (специальность 02.00.09 – Радиационная химия), профессора, профессора кафедры инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» **Нечаева Александра Федоровича**, 3 замечания: 1. Неудачно (мягко говоря) формулировки: - «концентрация поглощенной дозы» – с.3,10 - «снижения накопления...электрического пробоя» - с.5. 2. Вряд ли корректно называть железо и бетон «аналогами» фторопластовых композитов (с.14,16) на том лишь основании, что эти материалы могут использоваться в радиационной защите. 3. Для обоснования заключения о природе «радиационно-термического модифицирования полимерных композитов» (с.15) следовало бы изложить условия, при которых снимались спектры ЭПР, и привести данные по кинетике аннигиляции/рекомбинации кремниевых и пероксидных радикалов (если таковые существуют).

6. Доктора физико-математических наук (специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния), главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук **Симакова Сергея Васильевича**, 2 замечания: 1. Вторая глава содержит подробное описание исследуемых материалов. Однако было бы полезно включить более широкое обсуждение причин выбора именно тех материалов, которые были использованы. Каковы их преимущества и ограничения по сравнению с другими существующими? 2. Из текста автореферата не понятно, почему исследования проводились для композитов с наполнением именно 30 масс. % и 60 масс. % WO_3 и WC . На чем обосновывалось решение исследования композитов именно с таким составом, а не при большем или меньшем наполнении?

Все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью в данной отрасли науки ученых, обладающих научными достижениями и глубокими профессиональными знаниями по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (технические науки), которой соответствует диссертация, владеющих методами исследования, используемых диссертантом, способных дать объективное заключение, проявить высокую научную принципиальность и требовательность, что подтверждается значительным количеством их публикаций, а также сформулированными замечаниями и изложенными выводами в отзыве на диссертационную работу. **Ведущая организация** – ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный

исследовательский университет) (МФТИ), является одним из старейших вузов России готовящих исследователей и высококвалифицированных специалистов по актуальным направлениям электроники и электронной техники, прикладной математики, физики конденсированного состояния и нанотехнологий. Её выбор обоснован тем, что среди структурных подразделений на базе университета функционирует кафедра электроники, которая является ведущей кафедрой в системе подготовки специалистов разного уровня для электронной промышленности. На кафедре проводятся обширные научные исследования в области физики конденсированного состояния, полупроводников, композитных материалов, нанотехнологий, создания вакуумных систем, воздействия различных видов излучений на природу изменений физических свойств материалов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция получения материалов для защиты линейных ускорителей электронов, основанная на создании полимерных композитов, с использованием модифицированных вольфрамсодержащих наполнителей, с высокими радиационно-защитными характеристиками от электронного, тормозного рентгеновского и гамма-излучения, обладающих повышенными физико-механическими, теплофизическими свойствами и радиационной стойкостью;

предложен механизм модифицирования поверхности высокодисперсных зерен оксида и карбида вольфрама полиметилсилоксановым олигомером, заключающийся в создании стабильных топохимических связей с поверхностью и образовании гидрофобной органосилоксановой оболочки для более равномерного распределения наполнителей в объеме фторопластовой матрицы;

доказана возможность повышения радиационной стойкости разработанных фторопластовых композитов, подвергнутых гамма-облучению (^{60}Co , $E=1,25\text{ МэВ}$, $D=200\text{ кГр}$, $P=10\text{ Гр/с}$), из-за образования парамагнитных центров радикального типа (кремниевых $\text{Si}\cdot$ и пероксидных $\text{CFO}_2\cdot$) с протеканием рекомбинационной реакции между ними по радикальному механизму.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны теоретические принципы, вносящие вклад в технологию полимерных композиционных материалов на основе фторопластовой матрицы, наполненной модифицированным оксидом и карбидом вольфрама, для защиты от ионизирующих излучений линейного ускорителя электронов с энергией до 10 МэВ ;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих современных структурных, физико-механических и эксплуатационных методов исследования материалов для радиационной защиты, что позволило получить воспроизводимые и согласующиеся между собой экспериментальные результаты, а также новые

закономерности, согласующиеся с теоретическими положениями и результатами физико-математических расчётов, не противоречащие современным научным представлениям и производственным испытаниям;

изложены условия по повышению микротвердости поверхности фторопластовых композитов путем нанесения защитного покрытия на основе карбида вольфрама с металлическим никелем методом детонационного газотермического напыления;

раскрыты противоречия и предложены подходы к повышению теплопроводности фторопластовых композитов при добавлении коллоидного графита (не более 10 масс. %), обеспечивающего создание теплопроводных сетей, снижающих накопление избыточного тепла и электрического пробоя при электронном облучении, без существенного снижения физико-механических свойств композитов;

изучены причинно-следственные связи повышения радиационной стойкости полимерных композитов при радиационно-термической модификации в γ -пучке за счет радиационной сшивки фторопласта с кремнийорганическим покрытием на поверхности вольфрамсодержащих наполнителей по радикальному механизму через образующиеся парамагнитные пероксидные макрорадикалы в полимере и кремниевые радикалы в кремнийорганическом покрытии.

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

разработаны и внедрены составы и технология получения композитов с модифицированным оксидом и карбидом вольфрама. Содержание модифицированных наполнителей составляло от 10 до 60 масс. %. Разработаны ТУ «Радиационно-защитные полимерные композиционные материалы для защиты от ионизирующего излучения электронного ускорителя» (ТУ 22.21.42.140-006-02066339-24). Результаты исследований использованы в учебном процессе при подготовке инженеров по специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики». Лабораторно-промышленные испытания разработанных материалов проведены на предприятии ООО «Теклеор» (г. Калуга) и в ИМЕТ РАН им. А.А. Байкова (г. Москва).

определены оптимальные параметры создания защитного покрытия на основе карбида вольфрама с никелем на поверхности композитов методом детонационного газотермического напыления: скорость прохода пушки 2000 мм/мин, расход порошка 1400 г/ч, расход азота для транспортировки порошка 0,9 м³/ч, частота детонации 20 Гц;

созданы таблицы радиационно-защитных характеристик для оптимального состава композита, с 60 масс. % модифицированного WC, международного стандарта, которые обеспечивают теоретические расчеты при выполнении инженерных задач радиационной защиты;

представлены рекомендации по дальнейшим исследованиям в направлениях: расширения областей применения полученных радиационно-

защитных полимерных композиционных материалов в атомной и космической отрасли.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном современном научно-исследовательском оборудовании, согласно соответствующим методическим стандартам Госстандарта РФ, с использованием методов статистической обработки; достоверность результатов лабораторных исследований подтверждена большим объемом экспериментальных данных, их воспроизводимостью и использованием современных методов анализа: рентгенофазового (РФА), метода лазерной дифракции порошка в суспензии, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), электронно-зондового микроанализа (ЭЗМ), метода электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), ИК-Фурье спектроскопии и др.;

теория построена на фундаментальных положениях технологии полимерных композиционных материалов, а также на известных проверяемых данных, которые касаются физики конденсированного состояния в области взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, и согласуется с экспериментальными данными по теме диссертации, опубликованными в отечественных и зарубежных изданиях;

идея базируется на анализе современных радиационно-защитных материалов для биологической защиты ЛУЭ, обобщении передового опыта в области фундаментальных и прикладных исследований зарубежных и отечественных ученых в области технологии синтеза полимерных композитов, способах модифицирования поверхности вольфрамсодержащих наполнителей кремнийорганическими соединениями и способах равномерного распределения наполнителей в полимерном связующем;

использованы современные литературные данные, в том числе патентные данные по тематике диссертационной работы, полученные ранее зарубежными и отечественными исследователями, позволившие провести сравнительный анализ полученных результатов;

установлена сопоставимость результатов настоящего исследования с данными по составам, свойствам и технологии получения композиционных материалов радиационной защиты, полученными в других, более ранних работах зарубежных и отечественных научных коллективов;

использованы современные методы сбора экспериментальных данных и статистической обработки полученных результатов по физико-механическим и эксплуатационным характеристикам; проведено сопоставление результатов, полученных физико-математическими и экспериментальными методами, а также при ионизирующем облучении.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач исследования и путей их решения, анализе и обобщении полученных результатов, формулировке выводов и рекомендаций к использованию, подготовке научных работ (статей, патент). Лично получены результаты физико-математических расчетов и экспериментальных исследований, представленные в диссертационной работе. Облучение разработанных

автором композиционных материалов электронами ($E=10$ МэВ) проводили на ЛУЭ УЭЛР-10-15-С-60 на предприятии ООО «Теклеор» (г. Калуга) и на циклическом ускорителе электронов ($E=21$ МэВ) «Микротрон-СТ» (ИМЕТ РАН им А.А. Байкова, г. Москва) при непосредственном участии автора в анализе полученных результатов.

В ходе защиты диссертации принципиальных критических замечаний высказано не было.

Соискатель Кашибадзе В.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию значимости проведенных исследований и полученных результатов.

На заседании 12 марта 2025 г. диссертационный совет принял решение за разработку теоретически обоснованного решения научной задачи, заключающейся в получении композиционных материалов с высокими радиационно-защитными характеристиками от электронного, тормозного рентгеновского и гамма-излучения, обладающих повышенными физико-механическими, теплофизическими свойствами и радиационной стойкостью, имеющей важное значение для развития физики конденсированного состояния, присудить Кашибадзе В.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 9 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10, против – 0.

Председатель
диссертационного совета

Ястребинский Роман Николаевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Бондаренко Надежда Ивановна

12.03.2025 г.