

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

диссертационного совета Д 212.141.17, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 03 октября 2018 г. № 15

О присуждении Исаеву Евгению Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Радиационные изменения реальной структуры слоистых материалов на примере графита и графитоподобного нитрида бора» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 04.07.2018 г. (протокол заседания № 13) диссертационным советом Д 212.141.17, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Минобрнауки России, 105005, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, 5, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Исаев Евгений Игоревич 1987 года рождения.

В 2011 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по специальности «Физика металлов». С 2011 г. по 2014 г. обучался в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. В настоящее время соискатель работает в должности заведующего лабораторией отделения института Лазерных и плазменных технологий Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный

университет «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ) Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент Степанов Владимир Александрович, профессор отделения института Лазерных и плазменных технологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Официальные оппоненты:

Хрячков Виталий Алексеевич, доктор физико-математических наук, начальник отдела экспериментальной ядерной физики отделения перспективных исследований акционерного общества «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»;

Забежайлов Максим Олегович, кандидат физико-математических наук, начальник лаборатории акционерного общества «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (АО «ВНИИХТ»), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Басковым Петром Борисовичем, кандидатом технических наук, начальником отделения функциональных материалов радиационной фотоники и Сахаровым Вячеславом Васильевичем, доктором технических наук, главным научным сотрудником лаборатории функциональных пленочно-волоконных материалов радиационной фотоники, утвержденном Ивакиным Александром Владимировичем, доктором экономических наук, директором АО «Наука и инновации» – Управляющей организации АО «ВНИИХТ», указала, что научные результаты, сформулированные в диссертации Исаева Е.И., представляют несомненный интерес для развития радиационной физики твердого тела и могут быть использованы при определении режимов эксплуатации слоистых анизотропных материалов в различных радиационных условиях. Значимость для науки заключается в том, что в работе предложена методика изучения реальных кристаллических структур слоистых материалов и радиационно-

индуцированных изменений в них, показана связь оптических свойств и наноструктуры пиролитических материалов, а также за время выполнения работы накоплен большой массив уникальных рентгеновских данных об изменениях структуры графитоподобного нитрида бора при высокодозном и высокотемпературном реакторном облучении. Результаты работы могут быть рекомендованы для определения условий высокодозного до  $3 \cdot 10^{23}$  н/см<sup>2</sup> и высокотемпературного до 1900 К реакторного облучения материалов, а разработанная с использованием теории рассеяния Рэлея оптическая методика может использоваться для исследования наноструктуры диэлектрических материалов.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемом научном издании, входящем в международную реферативную базу данных и систему цитирования Scopus опубликовано 2 работы. Общий объем работ составляет 3,08 п.л., из которых на долю соискателя приходится 0,97 п.л. Требования пунктов 11 и 13 действующего Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемые к публикации основных научных результатов диссертации, выполняются. Требования пункта 14 действующего Положения о присуждении ученых степеней, соблюдаются. Сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Диэлектрические мониторы условий высокодозного и высокотемпературного реакторного облучения / Е.И. Исаев [и др.] // Известия ВУЗов. Ядерная энергетика. 2015. № 1. С. 76-86.
2. Исаев Е. И., Степанов В. А., Степанов П. А. Мониторинг температуры внутриканального реакторного облучения материалов с помощью анализа структуры графитоподобного нитрида бора // Известия ВУЗов. Ядерная энергетика. 2015. № 4. С. 43-52.
3. The high-dose and high-temperature monitors of reactor irradiation based on insulators / E.I. Isaev [et al.] // Nuclear Energy and Technology. 2015. V. 1, № 2. P. 93-98.
4. Isaev Y.I., Stepanov V.A., Stepanov P.A. The temperature monitoring during the reactor core material irradiation by analyzing the structure of gra-

phite-like boron nitride // Nuclear Energy and Technology. 2016. V. 2, №. 1. P. 45-49.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: **Громова В.Е.**, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой естественнонаучных дисциплин им. профессора В.М. Финкеля ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», заслуженного деятеля науки РФ, лауреата премии Правительства РФ в области науки и техники, лауреата премии РАН им. И.П. Бардина и **Невского С.А.**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры естественнонаучных дисциплин им. профессора В.М. Финкеля ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк); **Конника О.В.**, доктора химических наук, доцента, директора ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Севастополе»; **Паршикова Ю.Г.**, доктора технических наук, директора ФГБУН «Межведомственный центр аналитических исследований в области физики, химии и биологии при Президиуме Российской академии наук» (г. Москва); **Перевислова С.Н.**, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника лаборатории Кремнийорганических соединений и материалов Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН (Санкт-Петербург); **Сивака А.Б.**, кандидата физико-математических наук, начальника расчетно-теоретической лаборатории Отдела термоядерных реакторов Отделения токамаков Курчатовского комплекса термоядерной энергетики и плазменных технологий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (г. Москва).

Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что автором проведен большой объем экспериментальных исследований и получены уникальные рентгеновские данные облученных материалов в широком диапазоне температур и доз. В качестве замечаний отмечено, что выводы относительно характера радиационных явлений, полученные с помощью обширного рентгеновского материала по высокодозному высокотемпературному облучению графитоподобного нитрида бора следовало бы подкрепить электронно-микроскопическими исследованиями, как это было сделано для графита (А.Б. Сивак); из автореферата не ясно, учтено ли влияние неизбежно присутствующих на поверхности нитрида бора оксидных фаз ( $H-B-O$ ) на форму рентгеновских максимумов (002), которые, в основном, и анализируются в работе (О.В. Конник), определялась ли степень графитизации  $h-BN$  и как

вливают высокие значения степени графитизации  $BN$  на воздействие высокодозным и высокотемпературным облучением, проведен ли сравнительный анализ свойств  $h-BN$  с аморфным порошком и с  $BN$  турбостратной структуры, анализировал ли автор, как влияют на микроструктуру и свойства графитоподобного  $BN$  высокие давления (ниже уровня давления перехода  $BN_{\text{гекс}} \rightarrow BN_{\text{куб}}$ ), имеется также замечание к формулировке положений, выносимых на защиту (С.Н. Перевислов).

В отзывах сделан вывод о том, что диссертация Исаева Евгения Игоревича является завершенным научным исследованием на актуальную тему, она отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Выбор официальных оппонентов обоснован тем, что они являются компетентными учеными в области экспериментальной физики. Выбор ведущей организации обусловлен тем, что АО «ВНИИХТ» известен тем, что в нем проводятся исследования в области получения и исследования свойств композиционных материалов для ядерной энергетики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработан** способ описания распределений микродеформаций в слоистых материалах с помощью распределения Пуассона и соответствующей аппроксимации перестроенных в безразмерных координатах рентгеновских линий  $(00l)$ ;

**предложены** метод и методика определения температуры при высокотемпературном высокодозном облучении материаловедческихборок;

**доказано**, что в слоистых анизотропных материалах существует связь между радиационными структурными изменениями и образующимися при этом плоскими скоплениями дефектов с соответствующим изменением разномодульности;

**введено** новое представление о микроскопической разномодульности графитоподобных материалов, которая связана с образованием плоских скоплений дефектов в базисных плоскостях слоистых графитоподобных структур.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

**доказана** возможность применения асимметричных распределений вероят-

ности (биномиального распределения, распределения Пуассона) в рентгеноструктурном анализе для изучения реальных структур анизотропных материалов;

**применительно к проблематике диссертации результативно** (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс современных экспериментальных методов исследования структурных изменений в анизотропных материалах;

**изложены** доказательства того, что в наноструктурированных керамиках при радиационных нагрузках возникают стационарные структурные состояния, характеризующиеся неизменной наноструктурой и разномодульностью;

на основании экспериментальных результатов **раскрыто** влияние температуры облучения и способа получения на изменения реальной структуры анизотропных материалов;

**проведен** анализ реальной структуры графитоподобных материалов рентгеноструктурным методом, учитывающим некомпенсированность микронапряжений кристаллической структуры;

**обнаружен и изучен** эффект пост-радиационной внутренней ползучести, который наблюдается в керамических материалах после высокодозного реакторного облучения.

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

**разработан** метод определения условий высокодозного до  $3,1 \cdot 10^{23}$  н/см<sup>2</sup> и высокотемпературного до 1900 К реакторного облучения материалов с помощью рентгеноструктурного анализа мониторов из графитоподобного *BN*;

**определены** границы применения графитоподобных материалов в качестве мониторов условий высокодозного высокотемпературного облучения;

**представлены** результаты определения температурных полей в активной зоне реактора БН-600.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**все теоретические положения** и результаты диссертации согласуются с современными представлениями о явлениях в твердом теле и соответствуют принятым теоретическим подходам в физике конденсированного состояния;

**идеи базируются** на обобщении литературных данных и результатах, полученных различными взаимодополняющими методами;

**использовано** сравнение результатов, полученных с помощью рентгеногра-

фического анализа, оптической спектроскопии, сканирующей зондовой микроскопии с экспериментальными данными других авторов (А.В. Курдюмов и др., Т. Tanabe et al., А. Asthana et al., В.В. Лопатин и др.);

**установлено** согласие между результатами исследований различных графитоподобных материалов (графит и графитоподобный нитрид бора, полученные методами реакционного спекания и пиролитического синтеза), а также между результатами, полученными различными методами исследования – рентгенографическими, оптическими, микроскопическими;

**использованы** оригинальные методы математической (математическая статистика и теория вероятности) и программной (использование ПО *SciDavis*) обработки полученных экспериментальных данных, соответствующие целям и задачам исследования.

**Личный вклад соискателя** состоит в том, что автор работы лично участвовал в планировании и проведении экспериментов, обработке экспериментальных данных, формулировании выводов; процесс подготовки диссертации потребовал от соискателя навыков работы на ускорительном и вакуумном оборудовании, на рентгеновских дифрактометрах и спектрометрах видимого и ближнего ИК-диапазона, на металлографическом и сканирующем зондовом микроскопах.

Диссертационная работа соответствует пунктам 1 и 4 паспорта научной специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертационная работа Исаева Евгения Игоревича «Радиационные изменения реальной структуры слоистых материалов на примере графита и графитоподобного нитрида бора» соответствует критериям, установленным пунктами 9 и 10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. Она является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной для физики конденсированного состояния научной задачи, связанной с нахождением корреляции между реальной структурой графитоподобных материалов и их радиационным поведением. Диссертация Исаева Е.И. обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

На заседании 03 октября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Исаеву Е.И. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 14 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председательствующий на заседании  
диссертационного совета

Столяров Александр Алексеевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Лоскутов Сергей Александрович

Дата оформления Заключения 03 октября 2018 года