ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 24.2.306.01 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Иркутский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Аттестационное дело №_____
Решение диссертационного совета
от «07» октября 2026 г. № 16

О присуждении Жмуровой Анне Валерьевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние параметров полимер-неорганических нанокомпозитов на их термическую деструкцию и электрическую проводимость» по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния – принята к защите 23 июня 2026 г. (протокол заседания № 10) диссертационным советом Д 24.2.306.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (664003 г. Иркутск, бульвар Гагарина, д. 20, приказ Рособрнадзора о создании диссертационного совета № 1634-894 от 13.07.2007 г.).

Соискатель – Жмурова Анна Валерьевна, 1986 года рождения, в 2010 году окончила с отличием Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет» (специальность «Радиофизика и электроника») с присуждением квалификации «Радиофизик», в 2012 году окончила с отличием магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального

образования «Иркутский государственный университет» (направление «Электроника и микроэлектроника») с присуждением степени магистра техники и технологии, в 2016 году завершила освоение программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» по направлению подготовки 01.04.07 – Физика конденсированного состояния (срок обучения с 01.11.2012 г по 31.10.2016 г.).

С 01.07.2011 г. по 20.05.2019 г. работала в Иркутском филиале ПАО «Ростелеком» инженером электросвязи Участка технического учета и эксплуатации в составе Городского центра технической эксплуатации телекоммуникаций Городского центра телекоммуникаций, затем инженером электросвязи Участка технического учета и эксплуатации Управления Иркутского филиала, затем инженером электросвязи II категории Цеха передачи данных Городского центра технической эксплуатации телекоммуникаций Городского центра телекоммуникаций Иркутского филиала ПАО «Ростелеком».

С 21.05.2019 г. и по настоящее время А.В. Жмурова работает в должности научного сотрудника лаборатории функциональных наноматериалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательской центр «Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук» (ИрИХ СО РАН).

В период подготовки диссертации соискатель А.В. Жмурова работала в ИрИХ СО РАН. Диссертация выполнена в лаборатории функциональных наноматериалов ИрИХ СО РАН.

Научный руководитель – Зверева (Лесничая) Марина Владимировна, кандидат химических наук (02.00.03 – органическая химия), ведущий научный сотрудник лаборатории функциональных наноматериалов Федерального исследовательского центра «Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН».

Официальные оппоненты:

Овчинников Сергей Геннадьевич, доктор физико-математических наук, профессор, руководитель научного направления «Магнетизм», заведующий лабораторией физики магнитных явлений Института физики им. Л.В. Киренского СО РАН – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»;

Мясникова Александра Сергеевна, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории физики монокристаллов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук» (БИП СО РАН) – **в своем положительном отзыве**, утвержденном и.о. директора ФГБУН БИП СО РАН, академиком РАН Гармаевым Ендоном Жамьяновичем, составленном и подписанном доктором химических наук (02.00.06 – Высокомолекулярные соединения), заместителем директора БИП СО РАН по научной работе, заведующим лабораторией химии полимеров БИП СО РАН Бурдуковским Виталием Федоровичем и доктором физико-математических наук (1.3.8 – Физика конденсированного состояния), главным научным сотрудником лаборатории оксидных систем БИП СО РАН Базаровым Баиром Гармаевичем, отметила, что представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная проблема установления взаимосвязи между структурно-морфологическими параметрами полимер-неорганических

нанокомпозитов и их термической стойкостью, а также электрическими свойствами. Результаты диссертации являются новыми, обладают высокой научной и практической значимостью. Научная новизна диссертации заключается в том, что впервые получены и комплексно охарактеризованы новые полимер-неорганические нанокомпозиты ПВТ-Te^0 с использованием оригинального конденсационного метода и двух- и трехкомпонентные нанокомпозиты полианилина, наночастиц Te^0, Bi_2Te_3, МУНТ с применением механосинтеза. Впервые проведено фундаментальное систематическое исследование термической деструкции нанокомпозитов на основе природного полисахарида арабиногалактана с наночастицами различной природы (Ag^0, Au^0, Bi_2Te_3). Впервые на основе кинетического анализа с использованием изоконверсионных методов ОФУ, КАС, СТК установлены фундаментальные закономерности изменения кинетических параметров термической деструкции исследованных образцов. Впервые детально исследованы механизмы электрической проводимости в механохимически полученных двух- и трехкомпонентных нанокомпозитах на основе полианилина с термоэлектрическими нанофазами. Теоретическая значимость работы заключается в установлении фундаментальных закономерностей влияния структурно-морфологических параметров нанокомпозитов на их термическую стабильность и электрическую проводимость, что расширяет современные представления физики конденсированного состояния о поведении неупорядоченных гетерогенных систем. Полученные данные о влиянии типа проводимости нанофазы на механизм транспорта носителей заряда в многокомпонентных системах вносят вклад в развитие теории электропроводности неупорядоченных материалов. Практическая значимость результатов заключается в том, что полученные данные о термостойкости и кинетике термического разложения позволяют прогнозировать рабочие температуры полимер-неорганических термоэлектрических материалов; закономерности влияния параметров нанофазы на электрическую проводимость могут быть использованы при оптимизации состава многокомпонентных

нанокомпозитов для достижения высоких термоэлектрических свойств; установленные характеристики могут служить основой для создания гибких, биоразлагаемых термоэлектрических модулей для носимой электроники. В отзыве отмечается, что полученные результаты обладают высокой достоверностью и имеют существенное значение для развития физики конденсированного состояния и материаловедения наноматериалов, а по актуальности темы, научной новизне, достоверности полученных экспериментальных результатов, обоснованности выводов и практической ценности диссертационная работа Жмуровой Анны Валерьевны соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Жмурова Анна Валерьевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - Физика конденсированного состояния.

Результаты научной деятельности по теме диссертации опубликованы в 13 работах, из них 4 статьи – в журналах из Белого списка, являющихся ведущими международными научными журналами (Q1, Q2), индексируемыми международными библиографическими базами Web of Science и Scopus, публикация в которых приравнивается к публикации в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий (ВАК). Остальные 9 публикаций изданы в сборниках трудов и тезисов докладов российских и международных научных конференций.

В публикациях соискателя по теме диссертации отражены проведенные исследования по получению нанокомпозитов, по изучению их морфологии, деструкционных и электрофизических свойств и соответствующие им результаты. Личный вклад соискателя в опубликованные по теме диссертации работы является определяющим. В диссертации не обнаружены недостоверные

сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, авторском вкладе и объеме научных изданий.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Zhmurova A.V.** Assessment of the effect of Bi_2Te_3 thermoelectric crystal nanophase on the pyrolysis kinetics of biopolymer nanocomposites / **A.V. Zhmurova**, M.V. Zvereva // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2023. – V. 148, N 13. – P. 6465-6485. DOI: 10.1007/s10973-023-12168-3 (Q1)
2. **Zhmurova A.V.** The influence of inorganic Ag^0 nanophase on the thermal decomposition of arabinogalactan-based composites: evaluation of kinetic triplets and thermal stability / **A.V. Zhmurova**, M.V. Zvereva // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2025. – V. 150. – P. 7579-7600. DOI: 10.1007/s10973-025-14157-0 (Q1)
3. **Zhmurova A.V.** Synthesis and DC electrical conductivity of nanocomposites based on poly(1-vinyl-1,2,4-triazole) and thermoelectric tellurium nanoparticles / **A.V. Zhmurova**, G.F. Prozorova, S.A. Korzhova, A.S. Pozdnyakov, M.V. Zvereva // Materials. – 2023. – V. 16, N 13. – Article 3394. DOI: 10.3390/ma16134676 (Q2)
4. **Zhmurova A.V.** Mechanochemical synthesis and DC electrical conductivity of PANI-based MWCNT containing nanocomposites with Te^0 and Bi_2Te_3 thermoelectric nanophase / **A.V. Zhmurova**, G.F. Prozorova, M.V. Zvereva // Powders. – 2023. – V. 2, N 3. – P. 540-561. DOI: 10.3390/powders2030034

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

В **положительном отзыве** официального оппонента **Овчинникова Сергея Геннадьевича** в качестве замечаний указано:

1. на стр. 28 в формуле (1.18) есть некорректная запись полной проводимости на данной частоте ω в виде суммы проводимости при переменном токе $\sigma_{ac}(\omega,T)$ и проводимости при постоянном токе $\sigma_{dc}(T)$. Для правильной записи постоянную проводимость нужно умножить на дельта-функцию от частоты, $\sigma_{dc}(T)\delta(\omega)$, иначе при ненулевых частотах постоянная статическая проводимость всегда будет давать вклад в ток, что неверно.

2. Обзор литературы из 335 наименований показывает кропотливость соискателя, но мне он представляется слишком большим. Возможно это специфика химического профиля организации, где выполнена данная работа. В любом случае, это малосущественное замечание.
3. На стр.33 (первый абзац) есть утверждение, что электропроводимость композитов увеличивается с ростом процентного содержания нанофаз, и даются примеры со ссылками. Для серебра [146] это очевидно, но для диэлектрических нанофаз ZnO [159], TiO_2 [160, 161] это странно, так как увеличивается объемная доля диэлектрических включений, что обычно уменьшает проводимость.
4. Есть грамматические ошибки, их не так уж много, но в названии главы 3 на стр.51 это бросается в глаза (нокомпозитов) вместо нанокомпозитов.

В **положительном отзыве** официального оппонента **Мясниковой Александры Сергеевны** в качестве замечаний указано:

1. Автор применяет модели Аррениуса и трехмерного прыжка переменной длины Мотта для описания температурной зависимости проводимости и выбирает преобладающую модель по величине коэффициента детерминации. Обе эти модели являются нелинейными. В случае близких значений коэффициента детерминации для ряда образцов затруднительно однозначно установить доминирующий механизм, в связи с чем хотелось бы понять, привлекались ли автором дополнительные критерии для обоснования выбора модели.
2. Обнаруженный автором эффект локального снижения электрической проводимости в нанокомпозитах ПАНИ-Te^0-МУНТ и ПАНИ-Bi_2Te_3-МУНТ при промежуточных содержаниях нанофазы (4.4 % Te^0 и 2.9 % Bi_2Te_3) объясняется захватом мелкодисперсных наночастиц внутренней полостью МУНТ и их исключением из процесса транспорта носителей заряда, а также возможной деформацией нанотрубок. Однако данное объяснение носит гипотетический характер и не подкреплено прямыми структурными данными. В связи с этим возникает вопрос: проводились ли дополнительные

морфологические исследования (например, ПЭМ высокого разрешения), способные подтвердить локализацию наночастиц внутри каналов МУНТ и их деформационное воздействие на нанотрубки?

3. В разделе, посвящённом анализу спектров оптического поглощения нанокомпозитов ПВТ-Te^0, автор на основании литературных данных о полосах поглощения наночастиц Te^0 (270–300 нм, что соответствует 4.6–4.1 эВ) и нанопроволок Te (278 нм / 4.5 эВ и 586 нм / 2.1 эВ) делает вывод о том, что наблюдаемые в эксперименте полосы в области 5.8–4.5 эВ и 4.5–2.9 эВ напрямую связаны с присутствием наночастиц Te^0 в матрице ПВТ. Однако привлечение данных для нанопроволок теллура представляется недостаточно обоснованным, поскольку морфология нанопроволок существенно отличается от сферических наночастиц, формирующихся в данном композите, и оптические свойства этих объектов могут различаться. Более того, наблюдается заметное несоответствие между положением экспериментально зафиксированных полос поглощения (5.8–4.5 эВ и 4.5–2.9 эВ) и литературными данными для наночастиц Te^0 (4.6–4.1 эВ): экспериментальные полосы охватывают значительно более широкий и смещённый в коротковолновую область диапазон. В связи с этим возникает вопрос, насколько однозначно можно приписать наблюдаемые полосы именно наночастицам Te^0 и не могут ли они быть связаны с иными оптическими переходами, например, с участием матрицы ПВТ или с формированием поверхностных состояний.
4. В тексте диссертационной работы встречаются отдельные опечатки и технические погрешности, в частности:
   - на рисунке 3.10 а приведена неверная энергия пика гауссиана,
   - на странице 101 приведены неправильные ссылки на рисунки,
   - на рисунке 3.47 приведены обозначения без расшифровки в тексте работы.
   - наблюдаются расхождения в единицах измерения электропроводности при изложении результатов в разных разделах (См•$см^{-1}$ и См•$м^{-1}$).

В отзыве на диссертацию от **ведущей организации** работа охарактеризована положительно, при этом указан ряд замечаний, в качестве основных указаны следующие замечания:

1. При расчете предэкспоненциального фактора используется метод OFW. Однако в ряде случаев (например, для стадии III разложения АГ- Bi_2Te_3) наблюдаются очень высокие значения предэкспоненциального фактора (порядка 10^{102} c^{-1}). Можно ли дать физическую интерпретацию столь высоким значениям?
2. В работе для определения кинетической модели используется метод главных графиков Криадо. Однако для перекрывающихся стадий деструкции (например, стадии II и III для АГ-Ag) однозначное определение модели затруднено. Как автор преодолевал эту проблему и насколько устойчивы полученные модели к выбору границ стадий?
3. Чем можно объяснить немонотонный характер изменения электрической проводимости трехкомпонентных нанокомпозитов ПАНИ- Bi_2Te_3-МУНТ при изменении содержания Bi_2Te_3 (наличие локального минимума при 2.9 %)? В работе приводится гипотеза о захвате частиц МУНТ, однако какие есть прямые или косвенные подтверждения этого эффекта? Планировалось ли проведение ПЭМ-анализа для визуализации подобного захвата?
4. Для ряда образцов (например, ПВТ-Te^0) для оценки размера наночастиц используются данные из спектров поглощения и уравнение Брюса, которые дают значительно меньшие значения (3.8–5.1 нм), чем ПЭМ (8.5 нм). С чем связано такое расхождение? Не противоречит ли это утверждению о сферической форме частиц, и не свидетельствует ли о наличии фракции сверхмалых частиц, невидимых на ПЭМ-изображениях?
5. Снижение термостойкости АГ-композитов автор связывает с формированием локальных областей повышенной теплопроводности вблизи интерфейсов полимер-наночастица. Однако для композитов АГ-Bi_2Te_3 с ростом содержания нанофазы наблюдается увеличение термостойкости по параметрам T_{50} и THRI, что связывается с изменением формы частиц. Как

автор оценивает соотношение этих двух конкурирующих эффектов (усиление теплопроводности или ограничение подвижности полимерных цепей) и какой из них является доминирующим в каждом конкретном случае?

6. При оценке эффективной теплопроводности нанокомпозитов использованы модели Волкова и Ходункова. Однако для нанокомпозитов АГ-Ag и АГ-Au с высоким содержанием металла (16.5 % и 10.0 %) межчастичное расстояние становится сравнимым с размером частиц. Насколько применимы эти модели при высоких объемных долях наполнителя, когда возможно образование перколяционных кластеров?
7. В работе используются три изоконверсионных метода (OFW, KAS, STK). Все они дают близкие значения Ea, однако для стадий с сильной перекрываемостью наблюдаются расхождения. Почему для окончательного анализа выбран метод OFW, а не, например, метод Фридмана, который не использует аппроксимацию температурного интеграла и потенциально более точен для сложных процессов?
8. Для нанокомпозитов АГ-Ag^0 с ростом содержания серебра наблюдается увеличение остаточной массы после термодеструкции (с 15.9 до 28.8 %). Этот рост значительно превышает простое увеличение массовой доли неорганической фазы. Чем объясняется этот эффект? Не происходит ли каталитическая карбонизация органической матрицы в присутствии наночастиц серебра?
9. Для ПАНИ-композитов введение Bi_2Te_3 приводит к появлению стадии IV при 1052–1250 К, связанной с плавлением нанофазы. Однако температура плавления объемного Bi_2Te_3 составляет около 858 К. Чем объясняется столь значительное (почти на 200 К) повышение температуры плавления в нанокомпозите? Не связано ли это с образованием оксидных фаз (Bi_2TeO_5) при нагреве на воздухе?

Отзывы на автореферат:

1. **Номоев Андрей Валерьевич**, доктор физико-математических наук, специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, главный

научный сотрудник, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук». Отзыв положительный, замечаний нет.

2. **Порохов Николай Владимирович**, кандидат физико-математических наук, специальность 01.04.09 – Физика низких температур, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории квантовых технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт нанотехнологий микроэлектроники Российской академии наук». Отзыв положительный, замечаний нет.

3. **Шуленина Александра Владимировна**, кандидат физико-математических наук, специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, научный сотрудник кафедры фундаментальных ядерных взаимодействий физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет М.В. Ломоносова». Отзыв положительный, замечаний нет.

4. **Морячков Роман Владимирович**, кандидат физико-математических наук, специальность 1.3.8 – Физика конденсированного состояния, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной бионики Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук». Отзыв положительный, имеется вопрос и замечание: Почему при определении энергии активации разложения образцов были выбраны именно интегральные методы? У таблицы 2 правая граница заняла поле документа.

5. **Кудряшов Михаил Александрович**, кандидат физико-математических наук, специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, ведущий научный сотрудник Акционерного общества «Научно-производственное предприятие «Салют». Отзыв положительный, имеются замечания: На СТМ-кадрах образцов (рис. 6) для наглядности было бы удобно привести масштабную шкалу по аналогии с ПЭМ-изображениями; Надписи на вставках к рисункам 1, 3 и 4 очень мелкие, неудобно читать; Таблица 2 своей правой

границей выходит за правое поле; Автором вводится ряд сокращений, которые используются в тексте нерегулярно, что затрудняет восприятие информации.

Все отзывы на автореферат диссертации положительные. В них отмечается актуальность темы исследования, новизна результатов, их научная и практическая значимость. В отзывах, содержащих замечания, отмечается, что последние не снижают общую положительную оценку диссертации. Во всех отзывах делается вывод, что соискатель А.В. Жмурова заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их достижений в области физики конденсированного состояния, наличием публикаций по данному направлению, а также способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Официальный оппонент доктор физико-математических наук, профессор Овчинников Сергей Геннадьевич – известный крупный учёный в области физики конденсированных сред, в частности исследований структуры наночастиц железа и его содержащих оксидов, кобальтовых наноферритов, магнитных наноструктур, включая наночастицы магнетит-золото, прогнозирования и исследования свойств интерфейсных поверхностей, исследовании магнитных свойств высокотемпературных сверхпроводников, термоэлектрических свойств макрокерамических материалов, механохимически полученных оксидов $LaCoO_3$, электрических свойств наночастиц оксидов $Co_xZn_{1-x}Fe_2O_4$, масс-спектроскопии комплексов фуллеренолов C_{82} и др. Имеет более 900 научных работ, в том числе в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах.

Официальный оппонент кандидат физико-математических наук Мясникова Александра Сергеевна – высококлассный специалист в области исследования физических свойств и структуры конденсированных сред, в частности оптической спектроскопии и люминесценции фторидов, в том числе

имплантированных наночастицами либо ионами серебра, а также в области машинного обучения и ab initio вычислений. Диссертация включает в себя исследование оптического поглощения водорастворимых нанокомпозитов и структуры всех полученных объектов исследования, являющихся конденсированными средами. Имеет более 30 научных публикаций в области физики конденсированного состояния в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук» (БИП СО РАН) – научное учреждение, широко известное своими работами по электропроводности полимер-неорганических нанокомпозитов, окислительной деструкции препаратов и органических соединений, теплофизике полимер-неорганических композитов, термостойкости полимерных материалов, взаимодействию наночастиц и матрицы в рамках композита, что непосредственно связано с темой диссертации. Доктор химических наук Бурдуковский В.Ф. является известным ученым в области электропроводности полимер-неорганических нанокомпозитов, содержащих углеродные нанотрубки и высокотемпературные полимеры. Доктор физико-математических наук Базаров Б.Г. является известным ученым в области структурных, электрических, спектроскопических, термических свойств конденсированных сред.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований впервые получены следующие результаты:

Показано увеличение среднего размера сферических наночастиц Te^0 от 4.2 до 8.5 нм при повышении концентрации прекурсора Te в исходной смеси при получении нанокомпозитов поли(1-винил-1,2,4-триазол)-Te^0. **Установлено** снижение термостойкости исследованных образцов после создания на основе арабиногалактана (240 °C) двухкомпонентных композитов с наночастицами Ag^0, Au^0, Bi_2Te_3 (147-206 °C); начальные деструкционные процессы вызваны в основном реакциями внутримолекулярной дегидратации АГ; **показана**

зависимость кинетических параметров термической деструкции двухкомпонентных нанокомпозитов арабиногалактана и наночастиц Ag^0, Au^0, Bi_2Te_3 от характеристик нанокомпозитов, а именно природы, процентного содержания неорганической нанофазы и размера наночастиц. **Сделано заключение** о прыжковом характере механизма транспорта носителей заряда в двухкомпонентных полианилиновых нанокомпозитах с наночастицами Te^0 и Bi_2Te_3, соответствующем модели Мотта трехмерного прыжка переменной длины. **Установлено** увеличение удельной электрической проводимости двухкомпонентных нанокомпозитов на основе полианилина с ростом температуры и содержания неорганической нанофазы. **Показано**, что рост процентного содержания неорганической нанофазы приводит к увеличению электрической проводимости механохимически синтезированных двухкомпонентных композитов полианилина и наночастиц Bi_2Te_3 или Te^0 вследствие уменьшения характеристической температуры Мотта. Для трехкомпонентных композитов полианилина, многостенных углеродных нанотрубок и наночастиц Te^0 или Bi_2Te_3 **обнаружено** влияние содержания неорганической нанофазы на удельную электрическую проводимость; рост содержания наночастиц приводит к немонотонному увеличению электрической проводимости; **продемонстрировано** влияние природы неуглеродной нанофазы на характер механизма транспорта носителей заряда в трехкомпонентных композитах на основе полианилина и многостенных углеродных нанотрубок: использование наночастиц Te^0 обеспечивает прыжковый транспорт по модели Мотта, а применение нанофазного Bi_2Te_3 – перенос носителей заряда в соответствии с термоактивационным механизмом по Аррениусу. **Показано**, что синтезированные нанокомпозиты перспективны для применения в качестве компонентов сложных многофазных полимер-неорганических нанокомпозитов-термоэлектриков в диапазоне средних температур (термостойкость принимает значения 147-206 ºС).

Теоретическая значимость исследования заключается в установлении детальных закономерностей влияния структурно-морфологических параметров

нанокомпозитов на термическую стабильность и электрическую проводимость, что расширяет современные представления физики конденсированного состояния о поведении неупорядоченных гетерогенных систем. Полученные данные о влиянии типа проводимости нанофазы на механизм транспорта носителей заряда в многокомпонентных системах вносят вклад в развитие теории электропроводности неупорядоченных материалов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики. Результаты работы имеют практическую ценность для разработки новых полимер-неорганических термоэлектрических материалов. Представленный метод на основе конденсационного подхода к синтезу нанокомпозитов позволяет получать композиты наночастиц теллура и поли(1-винил-1,2,4-триазол) с заданными электрофизическими свойствами. Полученные данные о термостойкости и кинетике термического разложения полимер-неорганических нанокомпозитов позволяют прогнозировать рабочие температуры таких материалов. Закономерности влияния параметров нанофазы на электрическую проводимость могут быть использованы при оптимизации состава многокомпонентных нанокомпозитов для достижения высокой термоэлектрической эффективности. Установленные зависимости электропроводности и термической деструкции от характеристик нанокомпозитов могут служить основой при выборе компонентов для сложных полимер-основанных нанокомпозитов при создании гибких, биоразлагаемых среднетемпературных термоэлектрических модулей для носимой электроники.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что в диссертационном исследовании результаты являются достоверными. Высокая достоверность полученных результатов обеспечивается использованием комплекса современных взаимодополняющих методов исследования, большим объемом экспериментальных данных и их статистической обработкой, а также применением корректных методов определения преобладающих механизмов переноса носителей заряда в нанокомпозитах и кинетического анализа (ОФУ, КАС, СТК), рекомендованных Международной конфедерацией по

термическому анализу и калориметрии. Все выводы логически вытекают из представленных экспериментальных фактов и не противоречат данным мировой научной литературы. Воспроизводимость результатов подтверждена многократными измерениями.

Личный вклад соискателя. Все изложенные в диссертационной работе результаты получены лично автором или при его непосредственном участии. Соискатель осуществляла аналитическую проработку научной литературы, совместно с руководителем определяла цель и задачи исследования, участвовала в выполнении экспериментов, анализе и интерпретации данных, в оформлении результатов в виде научных докладов и публикаций. Расчетные данные получены лично автором. Возражений соавторов по поводу использования в диссертационной работе совместно полученных данных нет. У автора нет конфликта интересов с другими коллегами, принимавшими участие в исследованиях, отраженных в диссертации.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Жмуровой А.В. является завершенной научно-квалификационной работой, соответствующей паспорту научной специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния, заключающей в себе научное исследование, выполненное по актуальной тематике, относящееся к решению научной задачи выявления влияния структурно-морфологических параметров полимер-неорганических композитов на температурную зависимость их удельной электрической проводимости и термическую деструкцию, содержащее новые и оригинальные результаты. Полученные в работе результаты имеют важное практическое значение для создания эффективных многофазных нанокомпозиционных термоэлектриков. В диссертационной работе на основании выполненных автором исследований получены значимые результаты, совокупность которых вносит существенный вклад в физику конденсированных сред, в частности полимер-неорганических нанокомпозитов.

Диссертационное исследование соответствует специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния и п. 9 «Положения о порядке присуждения

ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., редакция от 18.03.2023, а также отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 07 октября 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Жмуровой Анне Валерьевне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 1, воздержавшихся – нет.

Председатель диссертационного
совета Д 24.2.306.01, доктор физико-
математических наук,
старший научный сотрудник Буднев Николай Михайлович

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 24.2.306.01, доктор физико-
математических наук, доцент Растёгин Алексей Эдуардович

07 октября 2026 г.