ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.308.03,
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело №_____
решение диссертационного совета от 24.12.2025 г. № 11

О присуждении Герасимову Дмитрию Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Пьезоэлектрические свойства и структура пористых ориентированных пленок поливинилиденфторида» по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения принята к защите 22.10.2025 года, протокол № 07, диссертационным советом 24.2.308.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173, № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель – Герасимов Дмитрий Игоревич, 1997 года рождения. В 2021 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» с присвоением квалификации «Магистр» по направлению подготовки 04.04.01 «Химия». В 2025 году окончил аспирантуру по направлению подготовки 1.4.7. Высокомолекулярные соединения федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» – Институт высокомолекулярных соединений.

В период подготовки диссертации соискатель Герасимов Дмитрий Игоревич работал с 01 декабря 2021 года в федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт высокомолекулярных соединений» Российской академии наук (ИВС РАН), затем в связи с реорганизацией ИВС РАН в форме присоединения к федеральному государственному бюджетному учреждению «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ) с 05.08.2024 г. (с даты внесения в Единый государственный реестр юридических лиц записи за номером 2244700333777 о прекращении деятельности ИВС РАН как отдельного юридического лица) по настоящее время в должности инженера в филиале федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова»

Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» – Институт высокомолекулярных соединений.

**Диссертация выполнена** в Лаборатории № 19 Физической химии полимеров в филиале федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» – Институт высокомолекулярных соединений.

**Научный руководитель** – доктор физико-математических наук (02.00.04 – Физическая химия), профессор Бронников Сергей Васильевич работает в должности советника, руководителя лаборатории физической химии полимеров Филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» – Институт высокомолекулярных соединений.

**Официальные оппоненты:**

**Пахомов Павел Михайлович,** доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет».

**Мясникова Любовь Петровна,** кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физики прочности отделения физики твердого тела Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе» Российской академии наук.

**Ведущая организация**:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном к.х.н., директором Центра химической инженерии, Подшиваловым А.В., утвержденным и.о. ректора Университета ИТМО, д.т.н., член-корреспондентом РАН В.Н. Васильевым, указано, что диссертация Герасимова Д.И. на тему: «Пьезоэлектрические свойства и структура пористых ориентированных пленок поливинилиденфторида» соответствует требованиям, установленным для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (ч. II «Положения о присуждении ученых степеней» утв. постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, в действующей редакции). Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения (п. 7. Физические состояния и фазовые переходы в высокомолекулярных соединениях. Реология полимеров и композитов; п. 9. Целенаправленная разработка полимерных материалов с новыми функциями и интеллектуальных структур с их применением, обладающих характеристиками, определяющими области их использования в заинтересованных отраслях науки и техники; п. 10. Решение технологических и экологических задач, связанных с первичной и вторичной переработкой полимерных материалов).

Диссертация, автореферат и отзыв на диссертацию Герасимова Д.И. были рассмотрены и одобрены на заседании Центра химической инженерии в

федеральном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» (Университет ИТМО) 10 ноября 2025 года.

Соискатель имеет 22 печатные работы, в том числе, по теме диссертационной работы – 22, из них 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России; в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus 7 статей, 1 патент РФ. Авторский вклад составляет 82 %. Общий объем научных изданий составляет 6.2 п.л.

Наиболее значимые из них:

**Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:**

1. Elyashevich G.K., Kuryndin I.S., Rosova E.Y., Gerasimov D.I., Vylegzhanina M.E. Piezo-active composite systems based on porous polyvinylidene fluoride films and conducting polymer layers as electrodes // Physics of Complex Systems. – 2021. – V. 2. – № 1. – P. 25-32.

2. Пакальнис В.В., Курындин И.С., Герасимов Д.И., Ельяшевич Г.К. Микропористые полимерные пленки как сепараторы для литий-ионных аккумуляторов // Письма в журнал технической физики. – 2023. – Т. 49. – № 15. – С. 26-28.

3. Герасимов Д.И., Курындин И.С., Никонорова Н.А., Бронников С.В. Релаксационные процессы в ориентированных пленках поливинилиденфторида различного полиморфного состава // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2023. – Т. 56. – № 2. – С. 79-87.

**Публикации в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus:**

1. Gerasimov D.I., Kuryndin I.S., Lavrentyev V.K., Temnov D.E., Elyashevich G.K. Piezoelectric properties of the oriented porous poly(vinylidene) fluoride films // AIP Conference Proceedings. – 2020. – V. 2308. – P. 030001.

2. Ефремова Е.А., Крылов И.Р., Зинчик А.А., Прохорова У.В., Шоев В.И., Матвиевская О.В., Герасимов Д.И., Курындин И.С., Ельяшевич Г.К. Оптическая анизотропия ориентированных пористых пленок поливинилиденфторида // Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 2021. – Т. 63. – № 6. – С. 405-412.

3. Elyashevich G.K., Gerasimov D.I., Kuryndin I.S., Lavrentyev V.K., Rosova E.Y., Vylegzhanina M.E. Evolution of the Surface Structure and Functional Properties of the Electroconducting Polymer Coatings onto Porous Films // Coatings. – 2022. – V. 12. – № 1. – P. 51-64.

4. Gerasimov D.I., Kuryndin I.S., Lavrentyev V.K., Volgina E.A., Temnov D.E., Elyashevich G.K. Structure formation and depolarization relaxation processes in porous piezoactive polyvinylidene fluoride films // Physics of the Solid State. – 2022. – V. 64. – № 2. – P. 1432-1438.

5. Gerasimov D.I., Kuryndin I.S., Lavrentyev V.K., Nikonorova N.A., Popova E. N., Kamalov A.M., Elyashevich G.K. Structure transformations and dielectric properties of extruded and annealed polyvinylidene fluoride films // Iranian Polymer Journal. – 2023. – V. 33. – № 1. – P. 1-10.

6. Gerasimov D.I., Nikonorova N.A., Kuryndin I.S., Lavrentyev V.K., Bronnikov S.V. Relaxation processes in the oriented polyvinylidene fluoride films

with various crystalline phase composition // Journal of Polymer Research. – 2024. – V. 31. – № 11. – P. 321.

7. Volgina E.A., Temnov D.E., Gerasimov D.I., Kuryndin I.S., Lavrentyev V.K., Bronnikov S.V. Depolarization Relaxation Processes in Polyvinylidene Fluoride Films with Non-polar α-Crystalline Phase // Polymer Science, Series A. – 2024. – V. 66. – № 4. – P. 473-479.

Патент:

1. Ельяшевич, Г.К., Пористая полимерная пленка-сепаратор для обеспечения безопасности металл-ионного аккумулятора / Г.К. Ельяшевич, И.С. Курындин, Д.И. Герасимов, В.В. Пакальнис // Патент RU 2831749 C1. Дата подачи заявки: 2024.01.12. Опубликовано: 2024.12.13; Бюлл. № 35.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы от:

1. Главного научного сотрудника ФГБУН «Институт химии растворов им. Г.А. Крестова» РАН, д.х.н. Почивалова К.В. Имеются замечания: 1) На мой взгляд следовало бы больше внимания уделить зависимости степени кристалличности от температуры проведения отжига (рис. 1а). Как известно, при температуре плавления α-модификации формируются кристаллиты γ-модификации. Может быть с этим связано достижение более высоких степеней кристалличности у образцов, отожженных при 170 °С? 2) На дифрактограммах на рис. 4б, как следует из автореферата, пик при 2θ~39° отвечает α-форме, а при 2θ~35° – β-форме, хотя известно, что основные рефлексы на дифрактограммах для разных модификаций ПВДФ наблюдаются при 2θ: 17.7°, 18.3°, 19.9°, 26.6° для α-; 20.26° для β-; 18.5°, 19.2°, 20.4° для γ-формы. Это следует объяснить. 3) На рис. 5 отсутствует размерность содержания кристаллитов β-модификации.
2. Заведующего кафедрой оборудования и робототехники переработки пластмасс ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», д.т.н., профессора Бритова В.П. Имеются замечания: 1) Из выводов не совсем понятен выбор оптимального значения фильерной вытяжки λ=15, так как не рассмотрены меньшие значения, а анализируются более высокие.
3. Директора Института прикладной химии и экологии, заведующего кафедрой теоретической и прикладной химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», д.х.н., профессора Новоселова Н.П. Имеются замечания: 1) Применимы ли предлагаемые подходы к получению пористых пленок из других аморфно-кристаллических полимеров?
4. Заведующего кафедрой инженерного материаловедения и метрологии, научного руководителя лаборатории механики ориентированных полимеров ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», д.т.н., профессора Цобкалло Е.С. Имеются замечания: 1) Просьба пояснить, какова структурная обусловленность высокой полярности кристаллической β-фазы в сравнении с другими кристаллическими фазами ПВДФ, особенно с наиболее часто встречающейся α-фазой. 2) Как автор оценивает стабильность ориентации сегнетоэлектрических доменов β кристаллической фазы ПВДФ, вызванной воздействием внешних полей (электрического поля постоянного тока, поляризацией в поле коронного

разряда)? 3) В тексте автореферата не указаны важные для понимания происходящих процессов характеристики ПВДФ: характерные температурные диапазоны; величина относительной диэлектрической проницаемости; величина сегмента Куна.

5. Доцента кафедры физической электроники ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена», к.ф.-м.н., Кононова А.А. Отзыв без замечаний.

6. Ведущего научного сотрудника лаборатории Полимерных мембран ФГБУН «Ордена Красного Знамени Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева» РАН, д.х.н., Борисова И.Л. Имеются замечания: 1) В автореферате заметна резкая граница при переходе от пьезоэлектрических свойств ПВДФ к его применению в качестве материала сепараторов. Хотелось бы проследить связь между этими направлениями исследования для целостного восприятия работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их достижений в области высокомолекулярных соединений и, в частности, синтеза, исследования ориентированного состояния полимеров, механики полимеров и композиционных материалов, наличием публикаций в ведущих рецензируемых отечественных и зарубежных научных журналах.

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

- впервые предложен одностадийный, в рамках единого технологического процесса, метод получения ориентированных пленок поливинилиденфторида, позволяющий варьировать их свойства от высокопористых проницаемых мембран до пористых пьезоактивных материалов, исключая использование вредных и токсичных растворителей;
- показано, что кратность фильерной вытяжки ($\lambda$) является ключевым параметром, определяющим превалирование процессов на стадиях одноосного растяжения: формирование пористой структуры (при высоких $\lambda$) или полиморфного $\alpha \rightarrow \beta$ перехода (при низких $\lambda$);
- установлено, что поляризация в поле коронного разряда является наиболее эффективным методом поляризации ориентированных пленок ПВДФ и позволяет достигать наибольших значений пьезоэлектрических характеристик ($d_{31}$ = 30 пКл/Н), превосходящих значений, полученных в контактном методе ($d_{31}$ = 18 пКл/Н);
- впервые доказано, что максимальное содержание $\beta$-фазы и максимальная величина общей пористости достигаются в пленках ПВДФ с изначально различной надмолекулярной структурой, что позволяет целенаправленно создавать материалы для конкретных прикладных приложений.

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

- работа вносит вклад в фундаментальные представления о влиянии термомеханических параметров процесса получения пленок ПВДФ (кратности фильерной вытяжки, температуры отжига и суммарной степени одноосного растяжения) на формирование надмолекулярной и пористой

структуры, а также полиморфного состава пленок ПВДФ;

- экспериментально подтвержден и изучен механизм полиморфного α→β перехода в ПВДФ, инициированного одноосным растяжением; установлены условия достижения его максимальной эффективности в зависимости от исходного строения надмолекулярной структуры и термической предыстории материала;

- комплексное исследование образцов ПВДФ методами диэлектрической спектроскопии и термостимулированной деполяризации позволило выявить влияние полиморфного состава, ориентации образцов и их общей пористости на молекулярную подвижность и процессы дипольной релаксации, что важно для понимания условий формирования в образцах ПВДФ стабильного поляризованного состояния, обеспечивающего высокие пьезоэлектрические характеристики.

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

- разработан масштабируемый, экологически безопасный процесс, включающий экструзию расплава полимера, отжиг пленок и их одноосное растяжение, пригодный для производства пьезоактивных пористых пленок ПВДФ в промышленных объемах;

- полученные пленки ПВДФ с высоким пьезомодулем (до 30 пКл/Н) могут быть использованы в качестве активных элементов в устройствах по преобразованию механической энергии в электрическую, например, в наногенераторах, тактильных и акустических сенсорах, а также в гибких датчиках деформации;

- продемонстрирована принципиальная возможность использования высокопористых пленок ПВДФ в качестве сепараторов для литий-ионных аккумуляторов, обеспечивающих их стабильную и эффективную работу;

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

Достоверность результатов, полученных с использованием комплекса современных методов исследования, обеспечивается их взаимной согласованностью, воспроизводимостью, а также их согласованностью с результатами исследований, имеющимися в научной литературе. Достоверность полученных результатов также подтверждается их широким обсуждением на всероссийских и международных конференциях и их публикациями в рецензируемых российских и зарубежных научных журналах, и патентах.

**Личный вклад соискателя состоит в том, что:**

- все результаты, представленные в работе, были получены автором самостоятельно, либо в соавторстве при непосредственном участии автора;

- постановка цели и задач работы, формулирование основных направлений работы, выбор методов исследования осуществлялся совместно с научным руководителем. Автор являлся основным исполнителем на всех ключевых этапах исследования: от разработки концепции и стратегии до анализа результатов. В его непосредственные обязанности входили проведение систематического поиска и аналитического обзора научно-технической литературы и патентной документации, теоретический анализ,

подготовка образцов для исследований, постановка и проведение экспериментов, интерпретация полученных данных и формулировка выводов;

- основная роль в написании и публикации научных работ принадлежит автору.

Диссертационная работа Герасимова Дмитрия Игоревича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания. Соискатель Герасимов Дмитрий Игоревич ответил на заданные ему вопросы и привел аргументацию ответов.

На заседании 24 декабря 2025 г. (протокол № 11) диссертационный совет принял решение: за решение актуальной научно-практической задачи, состоящей в разработке процесса получения ориентированных пленок поливинилиденфторида, позволяющего варьировать свойства от высокопористых проницаемых мембран до пористых пьезоактивных материалов, с использованием только термомеханических воздействий, исключающих использование вредных и токсичных растворителей, и установлении взаимосвязи термомеханических параметров процесса получения ориентированных пористых пленок ПВДФ с их структурой и пьезоэлектрическими свойствами, что соответствует требованиям п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ «О порядке присуждения ученой степени» от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, присудить Герасимову Дмитрию Игоревичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, физико-математические науки, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета Хаширова Светлана Юрьевна

Ученый секретарь
диссертационного совета Жанситов Азамат Асланович

24.12.2025 года