

Заключение диссертационного совета 24.2.312.12,
созданного на базе федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Казанский
национальный исследовательский технологический университет»,
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16.04.2026 г. № 11

О присуждении Сагитовой Фариде Равилевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научно - технологические основы создания и регулирования характеристик нового поколения полимерных композиционных материалов, армированных модифицированными потоком низкоэнергетических ионов волокнистыми наполнителями органической и неорганической природы» по специальности 2.6.17 принята к защите «25» декабря 2025 г. (протокол заседания № 17) диссертационным советом 24.2.312.12, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68; совет утвержден приказом Минобрнауки от 22.06.2023 г. № 1311/нк.

Соискатель, Сагитова Фарида Равилевна, 17.02.1967 года рождения, диссертацию на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 02.00.08 – Химия элементарорганических соединений на тему: «Фосфорилирующие реагенты на основе реакции нитрозирования фосфорилацетальдегидов» защитила в 1997 году в диссертационном совете, созданном на базе Казанского государственного технологического университета (ныне ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»).

В период подготовки диссертации с 2012 года являлась соискателем кафедры «Плазмохимические и нанотехнологии высокомолекулярных материалов» (ныне кафедра «Плазмохимические технологии наноматериалов и покрытий») по направлению 05.19.01 – Материаловедение производств в текстильной и лёгкой промышленности. С февраля 2023 года по настоящее время работает в должности ведущего инженера кафедры «Плазмохимические технологии наноматериалов и покрытий» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Плазмохимические технологии наноматериалов и покрытий» с использованием методик и аналитического оборудования кафедр «Плазмохимические технологии наноматериалов и покрытий» и «Технологии синтетического каучука», центра коллективного пользования «Нанотехнологии и наноматериалы», комплексной лаборатории «НаноАналитика» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» и лаборатории Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета.

Научный консультант - доктор технических наук, Шарифуллин Фарид Саидович, профессор кафедры «Плазмохимические технологии наноматериалов и покрытий» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Официальные оппоненты:

Славин Андрей Вячеславович – доктор технических наук, доцент, начальник научно-исследовательского отделения «Функциональные материалы и технологии синтеза» Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт – ВИАМ);

Корнеева Наталья Витальевна – доктор технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук»;

Титов Валерий Александрович – доктор физико-математических наук, доцент, главный научный сотрудник Федерального государственного

бюджетного учреждения науки «Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева-КАИ» г. Казань, в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой технической физики Гайсиным Алмазом Фивзатовичем и утвержденном и.о. проректора по научной деятельности и цифровизации Матвеевым Станиславом Алексеевичем, указала, что научная новизна диссертационной работы заключается в разработке научно-технических основ создания полимерных композиционных материалов (ПКМ) с улучшенными физико-механическими характеристиками и оптимальным соотношением матрицы и армирующего наполнителя на основе модифицированных потоком низкоэнергетических ионов (70-100 эВ) органических и неорганических волокнистых материалов.

Установлен единый механизм обработки волокнистых материалов независимо от их физической и химической природы, заключающийся в воздействии на поверхность потока низкоэнергетических ионов, генерируемых из плазмы высокочастотного емкостного разряда пониженного давления с продувом газа, а в объеме волокнистой структуры – за счет процессов рекомбинации заряженных частиц в несамостоятельных микроэлектрических разрядах, формируемых в порах, капиллярах и межволоконных пространствах.

Автором реализован процесс оптимизации содержания массы матрицы и армирующего наполнителя при создании ПКМ с оптимальной удельной плотностью позволяющей обеспечить наибольшую прочность, благодаря максимальной адгезионной прочности волокнистого материала к полимерным матрицам и улучшению физических, механических характеристик, структуры и неизменности эффекта модификации во времени за счет плазменной объемной обработки волокнистых материалов.

Установлено, что для модификации волокнистых материалов неорганической и органической природы применяются одни и те же плазмообразующие газы – аргон, воздух, а прочность соединения существенно

возрастает для синтетических волокон как с эпоксидной, так и с полиуретановой матрицами, а для неорганических материалов – с полиамидной и эпоксидной матрицами, при этом повышается температура начала термодеструкции для всех исследуемых волокнистых материалов не менее чем на 40%.

Установлено, что модификация с помощью потока низкоэнергетических ионов, генерируемых из плазмы ВЧ-разрядов пониженного давления с продувом газа повышает смачиваемость синтетических и неорганических волокнистых материалов не менее чем на 70% и увеличивает удельную площадь поверхности более чем на 4,4%. Это позволяет улучшить показатели межслоевой сдвиговой прочности и предела прочности на изгиб, при этом разрушение ПКМ происходит как единого материала, то есть адгезия между армирующим элементом и матрицей носит когезионный характер.

Установлено, что повторная обработка готовых элементов армирующих волокнистых материалов непосредственно перед процессом пропитки материалом матрицы, которая подвергает модификации торцевые части, позволяет повысить прочность ПКМ на 20% по сравнению с материалами с первичной обработкой плазмой.

Разработаны экологичные высокоэффективные методы и технологические схемы получения облегченных высокопрочных с улучшенными физическими и механическими характеристиками ПКМ путем модификации потоком низкоэнергетических ионов, генерируемых из плазмы ВЧ-разряда пониженного давления с продувом газа, синтетических и неорганических волокнистых материалов для производства медицинских инструментов, конструкционных элементов для автомобильной техники.

Диссертация Сагитовой Ф.Р. соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной проблемы по созданию полимерных композиционных материалов с улучшенными физико-механическими характеристиками и оптимальным соотношением матрицы и армирующего наполнителя на основе органических и неорганических волокнистых материалов, а соискатель Сагитова Ф.Р. заслуживает присуждения ученой

степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Результаты работы отражены в 46 печатных работах, в том числе в 12 статьях в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, в 5 статьях в научных журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus/Web of Science, в 5 статьях в иных научных журналах, остальные – в материалах конференций различного уровня.

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных соискателем ученой степени, заимствованный материал без ссылки на автора и (или) источник заимствования, а также результаты научных работ, выполненных Сагитовой Ф.Р. в соавторстве, без ссылок на соавторов. Авторский вклад соискателя составляет 86,85%.

Наиболее значимые работы соискателя по теме диссертации:

1. Ершов, И.П. Влияние плазмы высокочастотного индукционного разряда на стекловолокно, оценённое с помощью рентгеновской компьютерной томографии / И.П. Ершов, Л.А. Зенитова, А.Н. Даутова, **Ф.Р. Сагитова** // Известия ВолгГТУ. – 2023. – №6 (277). – С.125-132.

2. Ершов, И.П. Влияние плазменной обработки высокочастотным индукционным разрядом пониженного давления на повышение адгезионных характеристик стекловолокна / И.П. Ершов, **Ф.Р. Сагитова**, Л.А. Зенитова // Строительные материалы и изделия. – 2023. – №6 (4). – С.5-14.

3. Ершов, И.П. Повышение адгезионных характеристик стеклоткани в результате плазменной обработки высокочастотным емкостным разрядом пониженного давления / И.П. Ершов, Л.А. Зенитова, А.Н. Даутова, **Ф.Р. Сагитова** // Известия ВолгГТУ. – 2023. – №5 (276). – С.119-124.

4. **Сагитова, Ф.Р.** Плазмообработка стеклоткани как способ управления её адгезионными характеристиками / **Ф.Р. Сагитова** // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2024. – Т.70. – № 6. – С. 34-38.

5. Некрасов, И.К. Повышение прочностных характеристик композиционного материала на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена с помощью модификации плазмой высокочастотного емкостного разряда пониженного давления / И.К. Некрасов, И.Ш. Абдуллин,

Ф.Р. Сагитова // Авиационные материалы и технологии. – 2025. – № 2(79). – С. 114-127.

6. Некрасов, И.К. Исследование влияния плазменного воздействия ВЧЕ разряда пониженного давления на аппретированные СВМПЭ-волокна / И.К. Некрасов, **Ф.Р. Сагитова**, И.Ш. Абдуллин // Известия ВолгГТУ. – 2025. – №2 (297). – С.61-71.

7. **Сагитова, Ф.Р.** Экологическая модификация стекловолокон для получения высококачественных полимерных композитов: изучение результатов плазменного воздействия / **Ф.Р. Сагитова**, Ф.С. Шарифуллин // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2025. – Т.71. – № 1. – С. 43-47.

8. Абдуллин, И.Ш. Зависимость прочностных характеристик синтетических волокон от состава плазмообразующего газа и времени обработки при воздействии разряда пониженного давления / И.Ш. Абдуллин, И.К. Некрасов, **Ф.Р. Сагитова** // Перспективные материалы. – 2025. – №5. – С. 80-88.

9. **Сагитова, Ф.Р.** Модификация волокон аморфной двуокиси кремния потоком низкоэнергетических ионов: структура, свойства и применение в композиционных материалах для медицинских инструментов / **Ф.Р. Сагитова** // Дизайн. Материалы. Технология. – 2025. – № 4(80). – С. 103-109.

10. **Сагитова, Ф.Р.** Ионно-плазменная активация углеродных волокон и тканей: рост адгезионной прочности при уменьшении доли полимерной матрицы / **Ф.Р. Сагитова**, Ф.С. Шарифуллин // Дизайн. Материалы. Технология. – 2025. – № 4(80). – С. 110-115.

11. **Сагитова, Ф.Р.** Регулирование процента содержания матрицы в композиционных материалах путем модификации СВМПЭ-ткани с помощью потока низкоэнергетических ионов / **Ф.Р. Сагитова**, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин // Транспортное машиностроение. – 2025. – №11. – С. 63-70.

12. Сагитова, Ф.Р. Влияние потока низкоэнергетических ионов на физические свойства углеродных волокон и тканей, используемых в качестве армирующих элементов при создании композитных материалов / **Ф.Р. Сагитова**, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин // Транспортное машиностроение. – 2025. – №12. – С. 94-100.

13. Abdullin, I.Sh. Modification of the surface of high-modulus polyethylene with low-energy low-intensity ion streams: theory and experiment / I.Sh. Abdullin, V.S. Zheltuhin, I.K. Nekrasov, **F.R. Sagitova** // Processes of Petrochemistry and Oil Refining. – 2022 – Vol. 23. – No.4 – С.525-543.

14. Abdullin, I.Sh. Experimental and theoretical study of the interaction of a low-energy ion flow with chemical fibers / I.Sh. Abdullin, V.S. Zheltuhin, **F.R. Sagitova**, I.K. Nekrasov // High Energy Chemistry. – 2023. – Vol.57. – Suppl.1. – pp. 132-136.

15. Abdullin, I.Sh. Characteristics of a lowered-pressure, high-frequency inductive jet charge in processes of modification of products // I.S. Abdullin, I.K. Nekrasov, **F.R. Sagitova**, S.V. Mironov // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2025. – V.98. – Pp. 569-580.

16. Abdullin, I.Sh. Features of the formation of a positive charge layer during modification of products in a CCP discharge under dynamic vacuum conditions / I.Sh. Abdullin, V.S. Zheltukhin, I.K. Nekrasov, M.F. Shaekhov, **F.R. Sagitova** // Inorganic Materials: Applied Research. – 2025. Vol. 16. – No.3. – Pp. 683–690.

17. **Сагитова, Ф.Р.** Повышение термостойкости и прочности композиционных материалов с использованием волокон из сверхвысокомолекулярного полиэтилена и углерода, модифицированных потоком низкоэнергетических ионов / **Ф.Р. Сагитова**, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2025. – № 5(419). – С. 349-357.

18. **Сагитова, Ф.Р.** Модификация углеродных волокон и тканей для их применения в качестве армирующих компонентов в композиционных материалах / **Ф.Р. Сагитова**, Ф.С. Шарифуллин // Вестник технологического университета. –2025. – Т.28. – № 8. – С. 81-86.

19. **Сагитова, Ф.Р.** Особенности ионной обработки волокнистых и тканых форм аморфной двуокиси кремния в условиях ВЧ-разряда при пониженном давлении / **Ф.Р. Сагитова** // Костюмология. – 2025. – Т 10. – №2. – URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/31TLKL225.pdf>.

20. **Сагитова, Ф.Р.** Улучшение свойств полимерных композиционных материалов для медицинских инструментов за счёт модификации неорганического наполнителя / **Ф.Р. Сагитова**, Ф.С. Шарифуллин, Л.А.

Зенитова, И.Ш. Абдуллин // Бутлеровские сообщения. – 2025. – Т.82. – №6. – С.118-127.

На автореферат диссертации поступило 14 отзывов от: Лебедева Юрия Анатольевича, доктора физико-математических наук, и.о. заведующего лабораторией плазмохимии и физикохимии импульсных процессов, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук» (ИНХС РАН); Акишева Юрия Семеновича, доктора физико-математических наук, профессора, начальника лаборатории кинетики слабоионизированной плазмы Акционерного общества «Государственный Научный Центр Российской Федерации Троицкий институт Инновационных и Термоядерных Исследований»; Шалбуева Дмитрия Валерьевича, доктора технических наук, профессора, проректора по научной работе и инновациям Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления»; Файзрахманова Ильдара Абдулкабировича, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника, Казанского физико-технического института им. Е.К. Завойского - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»; Коваля Николая Николаевича, доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника лаборатории плазменной эмиссионной электроники Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН)»; Адаменко Нины Александровны, доктора технических наук, профессора кафедры материаловедения и композиционных материалов и Слаутина Олега Викторовича, доктора технических наук, и.о. заведующего кафедрой материаловедения и композиционных материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»; Фукиной Ольги Витальевны, доктора технических наук, доцента, профессора базовой кафедры индустрии качества Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»; Никитиной Лилии Сергеевны, доктора химических наук, профессора, заведующего кафедрой общей и органической химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет»; Хайруллина Мухамеда Хильмиевича, доктора технических наук, ведущего научного сотрудника Института механики и машиностроения – структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской Академии наук»; Шавелкиной Марины Борисовны, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории 2.3 – плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Объединенный институт высоких температур Российской Академии наук (ОИВТ РАН)»; Давлетбаева Руслана Сагитовича, доктора химических наук, доцента, заведующего кафедрой «Материаловедение и технологии материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»; Гайсина Азата Фивзатовича, доктора технических наук, профессора кафедры технической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»; Пака Александра Яковлевича, доктора технических наук, доцента, профессора отделения электроэнергетики и электротехники (ИШЭ), заведующего Лабораторией перспективных материалов энергетической отрасли Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»; Савинова Владимира Павловича, доктора физико-математических наук, доцента, доцента кафедры физики полупроводников и криоэлектроники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Все отзывы положительные. В качестве пожеланий и замечаний отмечено следующее: 1) Неоднозначность в определении оптимальных

режимов. В тексте автореферата (стр. 8, п. 1.1 и 1.2 научной новизны) приведены различные значения энергии ионов (W) и плотности ионного тока (j) для синтетических и неорганических материалов. Например, для СВМПЭ и углеродных материалов указаны одинаковые значения ($W = 77,5$ эВ, $j = 0,83$ А/м²), тогда как для АДКВ ($W = 80$ В, $j = 0,835$ А/м²) и для АДКТ ($W = 75$ эВ, $j = 0,83$ А/м²) параметры различаются. Не вполне ясно, чем обусловлены эти различия, и являются ли они статистически значимыми или находятся в пределах погрешности эксперимента. Следовало бы более четко обосновать критерии выбора именно этих значений (Шалбуев Д.В.); 2) Отсутствие данных о влиянии обработки на эксплуатационную долговечность. Автором установлено, что эффект модификации для СВМПЭ сохраняется до 5 лет, а для УВ - до 90 дней (стр. 13). Однако в автореферате не приведены результаты исследований долговечности (например, циклические испытания, старение) самих полимерных композиционных материалов, полученных с использованием модифицированных наполнителей. Сохраняется ли повышенная адгезия и прочность композита при длительных эксплуатационных нагрузках и воздействии внешних факторов? (Шалбуев Д.В.); 3) Недостаточная детализация критериев выбора плазмообразующего газа. В работе для разных материалов применяются различные газы (аргон, воздух, их смеси). Например, для углеродных волокон лучшие результаты получены на воздухе, а для СВМПЭ - на аргоне. В автореферате (стр. 17) указано, что для углеродных материалов воздух «более эффективно способствует удалению замасливателя». Однако не раскрыт механизм этого влияния для каждого конкретного типа наполнителя. Хотелось бы видеть более подробное физикохимическое обоснование выбора газовой среды в зависимости от химической природы армирующего волокна. (Шалбуев Д.В.); 4) Несоответствие между данными о прочности композитов. На стр. 16 (рис. и в тексте говорится о значительном повышении прочности композитов с СВМПЭ (в 2-3 раза), а на стр. 14 указано, что предел прочности на разрыв самого СВМПЭ-волокна после обработки «незначительно падает». Создается впечатление, что увеличение прочности композита происходит исключительно за счет улучшения межфазной адгезии, а не за счет упрочнения самого волокна. В этом случае следовало бы более подробно остановиться на роли увеличения площади поверхности и смачиваемости (Шалбуев Д.В.); 5)

Масштабируемость технологии. В работе описаны процессы в вакуумных камерах пониженного давления. Не вполне ясно, как предложенная технология может быть масштабирована для непрерывного промышленного производства (обработка рулонных материалов, лент). Требуется оценка производительности и описание технических решений для шлюзования вакуумных объемов. Экономическое обоснование (Шавелкина М.Б.); 6) Отсутствует сравнительный анализ себестоимости плазменной обработки в сравнении с традиционными методами химического замасливания. Необходимо обосновать экономическую целесообразность внедрения энергоемкого вакуумного процесса для массовых изделий (Шавелкина М.Б.); 7) Методология оценки долговечности. Заявленная устойчивость эффекта модификации СВМПЭ до 5 лет требует уточнения методики подтверждения: использовались ли методы ускоренного старения подтвержденным коэффициентом корреляции или данные получены результате натуральных испытаний полного цикла (Шавелкина М.Б.); 8) В актуальности указана проблема «старения» эффекта плазменной обработки (снижения до 40% за 30 дней). В результатах заявлена «неизменность эффекта для СВМПЭ до 5 лет, а для других материалов – до 3 месяцев. Требуется объяснение такого расхождения и методик оценки долговременной стабильности (Давлетбаев Р.С.); 9) Утверждение об «объемной модификации» за счет разрядов в порах – ключевое, но недостаточно подтверждено экспериментально. Рентгеновская томография фиксирует изменение структуры, но не доказывает наличие разрядов в объёме (Давлетбаев Р.С.); 10) Вывод о «единой природе» воздействия противоречит данным об оптимальных режимах: разные давления, газы, время и типы разрядов (ВЧИ для АКДВ, ВЧЕ для АКДТ) – это требует пояснения (Давлетбаев Р.С.); 11) В автореферате нет обоснования выбора полимерных матриц (эпоксидной, полиамидной и полиуретановой). Так как они принадлежат к различным классам полимеров, то у них должно быть разное влияние на формирование адгезионного взаимодействия с волокнами, что не прослеживается по результатам исследования, есть только обобщающие данные (Адаменко Н.А.); 12) В атмосфере не приводятся конкретные прочностные характеристики создаваемых композитов, только изменения в %, что затрудняет анализ полученных результатов, так как термопластические и термореактивные матрицы различаются по прочности и

структуре, и по-разному реагируют с волокном (Адаменко Н.А.); 13) Не понятно во все ли матрицы вводились различные волокнистые структуры, чем отличались механизмы реагирования волокон при образовании межфазной зоны. Как выбиралась модельная матрица? (Адаменко Н.А.); 14) В заключении упомянуты перспективы расширения номенклатуры волокон. Какие конкретные типы волокон (например, базальтовые или арамидные) планируются для дальнейших исследований? (Хайруллин М.Х.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается их достижениями и компетенцией в области исследования процессов создания композиционных материалов с полимерной матрицей и наполнителями различной природы, плазменного модифицирования полимерных материалов, наличием публикаций в соответствующей области исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Ведущая организация известна исследованиями в области дисперснонаполненных композиционных материалов, изучения их свойств и технологий получения, плазменных процессов обработки материалов и изделий. Исследования ведущих ученых (Л.М. Амировой, А.Ф. Гайсина, Р.Р. Каюмова) отражены в публикациях в журналах реферативной базы Scopus, в российских и международных изданиях.

Диссертационный совет 24.2.312.12 отмечает, что наиболее существенные результаты, полученные соискателем исследований, и их научная новизна заключаются в следующем:

Разработаны научно-технологические основы получения ПКМ с улучшенными физическими и механическими характеристиками и оптимальным процентом содержания матрицы с армирующими элементами из неорганических и синтетических волокнистых материалов за счет обработки их потоком низкоэнергетических ионов, приводящих к высокой степени упорядочивания структуры, формированию активных радикалов и функциональных групп, при этом не создавая деструкции в армирующих материалах.

Доказан единый механизм модификации неорганических и синтетических волокнистых материалов, включающий воздействие потока низкоэнергетических ионов на их поверхностные слои, а также за счет энергии

рекомбинации в объеме волокнистых материалов, выделяющейся при горении несамостоятельных разрядов в порах и межфиламентных пространствах.

Разработан процесс оптимизации процента содержания матрицы и создания ПКМ с максимальной удельной прочностью, позволяющей обеспечить наибольшие прочностные характеристики за счет максимального межфазного взаимодействия, обеспечивающего высокую адгезионную прочность армирующего к полимерной матрицы с сохранением эффекта воздействия для армирующих с замасливателем не менее трех месяцев, а для СВМПЭ материалов более пяти лет.

Созданы ПКМ с оптимальным содержанием процента матрицы и повышенными физическими и механическими характеристиками за счет воздействия потока низкоэнергетических ионов и объемной обработки, реализуемых в струйных ВЧ-разрядов пониженного давления. При этом вид разрушения ПКМ - когезионный, то есть происходит как единого материала, что позволило существенно повысить прочностные характеристики и в первую очередь межслоевую сдвиговую прочность.

Разработан процесс вторичной модификации потоком низкоэнергетических ионов готовых элементов коротких армирующих волокнистых материалов перед процессом пропитки, включая их торцы, позволяющий дополнительно повысить не менее чем на 20 % прочностные характеристики композиционных материалов.

Разработаны экономичные высокоэффективные технологии создания облегченных высокопрочных ПКМ на основе модификации потоком низкоэнергетических ионов армирующих из неорганических и синтетических волокнистых материалов для создания изделий медицинской промышленности и автомобильной техники.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Разработаны облегченные высокопрочные ПКМ с оптимальным соотношением матрицы и синтетическими и неорганическими армирующими наполнителями, модифицированными потоком низкоэнергетических ионов, для создания изделий медицинской промышленности и автомобильной техники.

Установлены параметры воздействия потока низкоэнергетических ионов, приводящие к наиболее существенным изменениям физических и механических характеристик волокнистых материалов:

- для сверхвысокомолекулярных полиэтиленовых (СВМПЭ) волокон и тканей, углеродных волокон и тканей: энергия ионов (W_i) = 77,5 эВ, мощность разряда (W_p) = 1,8 кВт, плотность ионного тока (j_i) = 0,83 А/м²; при этом для СВМПЭ материалов давление в вакуумной камере (P) = 26,6 Па, время обработки (t) = 3 мин, расход плазмообразующего газа ($G_{\text{ар}}$) = 0,04 г/с для углеродных материалов $P = 50$ Па, $G_{\text{воздух}} = 0,04$ г/с, $t = 20$ мин;

- для аморфной двуокиси кремния в виде волокон (АДКВ): $W_i = 80$ эВ, $j_i = 0,835$ А/м², $W_p = 2,15$ кВт, $t = 2,5$ мин, $P = 26,6$ Па, $G_{\text{ар}} = 0,04$ г/с;

- для аморфной двуокиси кремния в виде тканей (АДКТ): $W_i = 75$ эВ, $j_i = 0,83$ А/м², $W_p = 1,45$ кВт, $t = 6$ мин, $P = 26,6$ Па, $G_{\text{ар+воздух}} = 0,04$ г/с (Ar – 70%, воздух – 30%).

Экспериментально подтверждены зависимости характеристик армирующих наполнителей от режимов модификации потоком низкоэнергетических ионов: развитость поверхности при неизменном объеме позволяет увеличить удельную площадь поверхности для СВМПЭ-волокон до 4,4%; для УВ - Кулон-500/007 до 19,5%, для Т300 до 124,0%; для АДКВ – на 16,5%, для АДКТ – на 7%. При этом смачиваемость для УВ возрастает на 70%, угол смачивания - до 40%, для СВМПЭ-волокон смачиваемость повышается до 86%, угол смачивания после воздействия ПНЭИ не удается измерить, так как капля воды мгновенно поглощается тканью, что связано с возникновением существенной гидрофильностью, для АДКТ – смачиваемость повышается на 70%.

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

Результаты диссертационной работы по разработке технологических рекомендаций создания композиционных материалов с синтетическими и неорганическими армирующими наполнителями, имеющими оптимальное соотношение матрицы и армирующего наполнителя и повышенные регулируемые физические и механические характеристики внедрены в ООО «ПТО «Медтехника»» г. Казань и ООО «Ирис-НН» г. Нижний Новгород.

Суммарный экономический эффект от внедрения составляет 8,49 млн. руб. в год.

Получены ПКМ с повышенными механическими характеристиками, в которых армирующее имеет замасливател. Необработанные торцевые окончания в традиционной технологии служат первопричиной разрушения композиционного материала, поэтому использование потока низкоэнергетических ионов для частичного его удаления играет существенную роль для улучшения характеристик ПКМ.

Получены композиционные материалы с армирующими наполнителями, имеющие оптимальное содержание матрицы и за счет максимального межфазового взаимодействия обладающие уникальными регулируемые физическими и механическими характеристиками:

- с армирующими из УВ и СВМПЭ: предел прочности на изгиб и межслоевую сдвиговую прочность до двух раз выше исходных для СВМПЭ материалов и до 30% для углеродных; при этом ударная прочность ПКМ с СВМПЭ-тканью достигает 90 Дж. Предел прочности при растяжении для СВМПЭ материалов выше в 1,3 раза, для углеродных материалов на 15% больше исходных, а модуль упругости возрастает до 20% для СВМПЭ армирующих, а модуль упругости при сжатии для углеродных материалов возрастает до 16% по сравнению с исходным;

- с армирующими из АДКВ и АДКТ: предел прочности на разрыв выше до 25%, ударная вязкость – до 75% для АДКВ; предел прочности на разрыв увеличивается на 40% для АДКТ.

Оценка достоверности научных положений, выводов и результатов, обеспечена применением современных аналитических методов, стандартных и специальных методик испытаний, согласованностью данных, полученных при использовании комплекса методов исследования и в сопоставлении полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными других авторов.

Личный вклад соискателя состоит в опубликованных в соавторстве работах, в выборе и обосновании объектов и методов исследований; в проведении экспериментов; анализе, обработке и обобщении полученных экспериментальных данных; в разработке научно-технологических основ

создания полимерных композиционных материалов с улучшенными характеристиками с применением потока низкоэнергетических ионов.

По своему содержанию диссертация Сагитовой Ф.Р. соответствует паспорту научной специальности ВАК 2.6.17. Материаловедение: п.1 – Разработка новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, в том числе капиллярно-пористых, с заданным комплексом свойств путем установления фундаментальных закономерностей влияния дисперсности, состава, структуры, технологии, а также эксплуатационных и иных факторов на функциональные свойства материалов. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры металлических, неметаллических материалов и композитов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности деталей, изделий, машин и конструкций (химической, нефтехимической, энергетической, машиностроительной, легкой, текстильной, строительной); п.2 – Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих в гетерогенных и композиционных структурах; п.4 – Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, биомедицинскими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой; п.5 – Установление закономерностей и критериев оценки разрушения металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий от действия механических нагрузок и внешней среды; п.15 – Разработка процессов получения новых металлических, неметаллических и композиционных материалов биомедицинского назначения, установление закономерностей влияния состава, структуры, технологии получения, а также эксплуатационных и других факторов на свойства биомедицинских изделий.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний; соискатель исчерпывающе ответил на вопросы, задаваемые ему в ходе заседания, привел собственную аргументацию. С рядом высказанных замечаний соискатель согласился.

Диссертационным советом сделан вывод, что диссертация Сагитовой Фариды Равилевны на тему: «Научно - технологические основы создания и регулирования характеристик нового поколения полимерных композиционных материалов, армированных модифицированными потоком низкоэнергетических ионов волокнистыми наполнителями органической и неорганической природы», является научно-квалификационной работой и соответствует п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» Минобрнауки России (в действующей редакции).

На заседании 16 апреля 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Сагитовой Фариде Равилевне ученую степень доктора технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение за решение научной проблемы, заключающейся в создании научно-технологических основ получения полимерного композиционного материала с улучшенными свойствами и оптимальным соотношением матрицы и армирующего наполнителя путем направленного регулирования характеристик волокнистых материалов неорганической и органической природы с помощью потока низкоэнергетических ионов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовал: «за» - 12, «против» - нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент
16.04.2026 г.

