

### Отзыв

**на автореферат диссертационной работы Сагитовой Фариды Равилевны «Научно-технологические основы создания и регулирования характеристик нового поколения полимерных композиционных материалов, армированных модифицированным потоком низкоэнергетических ионов волокнистыми наполнителями органической и неорганической природы», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение**

Актуальность работы обусловлена необходимостью развития общего подхода к созданию композиционных материалов, обладающих улучшенными прочностными характеристиками. Для решения этой проблемы автор предлагает в качестве способа модификации армирующих наполнителей воздействие на них потока низкоэнергетических ионов. Автор справедливо указывает на проблему создания полимерных композиционных материалов (ПКМ) с улучшенными свойствами.

Цель работы создание научно-технологических основ получения полимерных композиционных материалов с регулируемыми свойствами.

Новизна исследования заключается в следующем:

1. Впервые созданы научно-технологические основы получения ПКМ с улучшенными физическими и механическими характеристиками и оптимальным содержанием матрицы с армирующими элементами из неорганических и синтетических волокнистых материалов за счет обработки их потоком низкоэнергетических ионов, генерируемых из плазмы ВЧ-разрядов пониженного давления с продувом газа, базирующихся на физико-математической модели взаимодействия потока низкоэнергетических ионов, с неорганическими и синтетическими волокнистыми материалами.
2. Впервые установлен единый механизм обработки волокнистых материалов независимо от их физической и химической природы, заключающийся в воздействии на поверхность потока низкоэнергетических ионов, генерируемых из плазмы ВЧЕ-разряда пониженного давления с продувом газа.

3. Впервые за счет плазменной объемной модификации волокнистых материалов реализован процесс оптимизации содержания массы матрицы и армирующего наполнителя.
4. Установлено, что для модификации волокнистых материалов неорганической и органической природы применяются одни и те же плазмообразующие газы.

Полученные в результате проведенных исследований данные представляют собой решение важнейшей хозяйственной проблемы в материаловедении композиционных материалов.

Предлагаемое в диссертации решение проблемы основано на применении плазменных технологий для создания ПКМ на основе волокнистых материалов неорганической и органической природы. А именно создания и регулирования характеристик полимерных композиционных материалов, армированных модифицированными потоком низкоэнергетических ионов, генерируемых в плазме высокочастотного разряда с продувом газа, что в полной мере соответствует современным тенденциям в материаловедении, имеют важное научно-практическое значение для дальнейшего развития науки и техники.

Разработанные полимерные композиционные материалы на основе армирующих наполнителей органической и неорганической природы с применением плазменных технологий внедрены в ООО «ПТО „Медтехника“», Казань и ООО «Ирис-НН», Нижний Новгород. Годовой экономический эффект от внедрения составил 8,49 млн рублей.

Достоверность результатов исследований обеспечивается применением комплекса современных аналитических методов, статистической обработкой данных, исследования по стандартным методикам, так и по вновь разработанным. Достоверность подтверждается и публикациями в рецензируемых научных изданиях, а также успешной апробацией основных результатов и выводов работы в докладах на конференциях различного уровня. Решающий личный вклад автора в представленные в работе исследования не вызывает сомнений.

Вместе с тем, при ознакомлении с авторефератом возникли следующие замечания и вопросы:

- 1 Неоднозначность в определении оптимальных режимов. В тексте автореферата (стр. 8, п. 1.1 и 1.2 научной новизны) приведены различные значения энергии ионов ( $W_f$ ) и плотности ионного тока ( $j_i$ ) для синтетических и неорганических материалов. Например, для СВМПЭ и углеродных материалов указаны одинаковые значения ( $W_f = 77,5$  эВ,  $j_i = 0,83$  А/м<sup>2</sup>), тогда как для АДКВ ( $W_f = 80$  эВ,  $j_i = 0,835$  А/м<sup>2</sup>) и для АДКТ ( $W_f = 75$  эВ,  $j_i = 0,83$  А/м<sup>2</sup>) 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.

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?

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 физико-химическое обоснование выбора газовой среды в зависимости от химической природы армирующего волокна.

4 Несоответствие между данными о прочности композитов. На стр. 16 (рис. 3) 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 в формировании прочностных характеристик композита, исключив возможное смешение понятий.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают высокой научной и практической ценности выполненного исследования. Они скорее отражают сложность и многогранность решаемой проблемы, а также могут служить направлениями для дальнейших исследований.

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.

Согласно автореферату, диссертационная работа Сагитовой Ф.Р. «Научно-технологические основы создания и регулирования характеристик нового поколения полимерных композиционных материалов, армированных модифицированным потоком низкоэнергетических ионов волокнистыми наполнителями органической и неорганической природы» является законченной

научно-исследовательской работой, выполнена на высоком научном уровне, содержит новые научно обоснованные результаты и соответствует паспорту специальности 2.6.17 «Материаловедение», а также критериям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям (утверждено Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842).

Автор работы, Сагитова Ф.Р. обладает необходимыми научными достижениями и заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Я, Шалбуев Дмитрий Валерьевич, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертации и их дальнейшую обработку.



Шалбуев Дмитрий Валерьевич

Шалбуев Дмитрий Валерьевич, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе и инновациям ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления»,

Адрес: 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д.40В, строение 1.

[shalbuevd@mail.ru](mailto:shalbuevd@mail.ru)

« 02 » апреля 2026 года



Д.В. Шалбуев

Подпись Шалбуева Д.В.

