

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Уфимский  
университет науки и технологий»

И.Ф. Шарафуллин, доцент



И.Ф. Шарафуллин

2026 г.

## ОТЗЫВ

### ведущей организации

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» на диссертационную работу Горбачева Александра Вячеславовича на тему «Влияние модификации рисовой шелухи в условиях высокосдвиговой деформации на физико-механические и эксплуатационные свойства композиционного материала на основе полипропилена», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

### **Актуальность диссертационной работы.**

Диссертация Горбачева Александра Вячеславовича посвящена разработке и исследованию полимерных композитов на основе гомополимера полипропилена, наполненного рисовой шелухой, для применения в строительной отрасли при производстве полимерных профилей. Для повышения совместимости неполярного полипропилена и растительного наполнителя, а также улучшения эксплуатационных свойств композита был предложен метод модифицирования в условиях высокосдвиговых деформаций с применением ферментативной и щелочной обработки. Данный способ улучшения адгезионных свойств является достаточно новым и представляет научный и практический интерес.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью разработки и изготовления полимерных композиционных материалов, направленных на развитие отечественной полимерной отрасли, а также улучшение экологической ситуации за счет применения крупнотоннажных отходов агропромышленного комплекса.

**Новизна исследования и полученных результатов заключается в следующем:**

Разработан метод модификации полимерного сырья и наполнителя путем высокосдвиговых деформаций, а также в сопоставлении эксплуатационных свойств образцов в зависимости от параметров модификации. Показано, что обработка рисовой шелухи в условиях высокосдвиговой деформации

обуславливает механический процесс интенсифицированного изменения природной лигноцеллюлозной матрицы, сопровождающийся разрушением органоминерального поверхностного слоя, включающего лигнин и аморфный диоксид кремния, а также формированием развитой пористой структуры поверхности рисовой шелухи.

Установлено, что проведение ферментативной модификации в условиях высокосдвиговой деформации приводит к механохимической интенсификации биокаталитических реакций, сопровождающейся переходом процесса из диффузионно-ограниченного в кинетически контролируемый режим и сокращением продолжительности обработки при сохранении целостности целлюлозного каркаса наполнителя.

### **Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов.**

Результаты исследования вносят вклад в развитие научных основ создания полимерных композиционных материалов с высоким содержанием растительных наполнителей, раскрывая механизмы механохимической и ферментативной активации поверхности частиц.

Практическая значимость подтверждена патентом РФ № 2835429, результаты работы прошли опытно-промышленную апробацию в ООО «Строительные Инновации Групп». Изготовленные на основе композита изделия соответствуют требованиям ГОСТ Р 59555-2021, о чем свидетельствует технический акт исх. № 191 от 12.03.2026 г.

Материал рекомендован для изготовления строительных профилей, облицовочных панелей, настилов и других изделий наружного применения, что подтверждает его конкурентоспособность с промышленными древесно-полимерными композитами.

Результаты диссертационной работы могут найти применение в работе научных коллективов следующих организаций: ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»; ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»; ФГБОУ ВО «Белорусский государственный технологический университет»; ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева».

Разработанные композиционные материалы могут быть использованы на следующих предприятиях: ООО «Строительные Инновации Групп»; ООО «Воквуд»; ООО «МультиДек»; ООО «СмартДек»; ООО «Террасный профиль»; АО «ПолимерКомпозит», а также в других университетах, исследовательских центрах и производственных предприятиях, осуществляющих деятельность в области создания полимерных композиционных материалов, переработки термопластов и утилизации растительных отходов.

### **Оценка содержания диссертации.**

Диссертационная работа включает введение, пять основных глав, заключительную часть с основными выводами, приложением, а также перечень литературы, насчитывающий 125 источников; представлены 45 рисунков и 34

таблицы. Общий объем работы составляет 145 страницы машинописного текста.

Во введении автором раскрыта актуальность выбранной научной проблемы, связанной с утилизацией рисовой шелухи и созданием наполненных полимерных композитов, сформулированы цель и задачи исследования, обозначены элементы научной новизны, практической значимости, а также обоснованы ключевые положения, выносимые на защиту.

Первая глава содержит аналитический обзор литературы, посвященный свойствам, составу и современному применению полимерных композиционных материалов на основе термопластов и растительных наполнителей. Рассмотрены классификация, области применения, ключевые проблемы совместимости компонентов, а также методы модификации растительных наполнителей (физические, химические, биологические). На основании обзора обоснованы цели и задачи диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена характеристикам примененных материалов (полипропилен, рисовая шелуха, ферментные препараты, щелочные агенты, совместители, смазки), технологиям изготовления образцов (двухроторный смеситель, двухшнековый экструдер, литье под давлением) и описанию экспериментальных методик (ИК-спектроскопия, ДСК, ТГА, СЭМ, определение ПТР, реологических и физико-механических свойств), что свидетельствует о методологической строгости и высокой достоверности полученных результатов.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию влияния размера частиц рисовой шелухи и содержания на формирование структуры и свойств композитов ПП/РШ.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния высокосдвиговой деформации (ВСД) на структуру и свойства рисовой шелухи. Для этого провели обработку рисовой шелухи в двухроторном смесителе при скоростях вращения роторов 30, 60, 90 и 120 об/мин, контролируя крутящий момент и температуру смешения. Установлено, что оптимальным режимом является частота 90 об/мин, при которой достигается максимальная степень диспергирования частиц без их термической деградации (температура не превышает 60 °С).

Исследовали ферментативную модификацию рисовой шелухи в условиях ВСД. Для этого вводили в смеситель ферментные препараты Allzyme Vegpro и Ронозим VP в дозировках 0,01–0,5 мас.% и проводил обработку при частоте вращения 90 об/мин. Автором экспериментально подобрана оптимальная дозировка 0,1 мас.%, при которой температура процесса не превышала 59 °С, что обеспечивало максимальную активность ферментов без их термоинактивации. Методом определения свободной поверхностной энергии установили, что ферментативная обработка снижает полярную составляющую СПЭ с 27,00 до 7,90 мН/м, сближая ее со значением для полипропилена (1,50 мН/м), что свидетельствует об улучшении совместимости компонентов. В результате применения препарата Allzyme Vegpro автором достигнуто повышение прочности при растяжении на 24%, ударной вязкости до 108% и показателя текучести расплава на 22% по сравнению с немодифицированным композитом.

Проведена щелочная модификация рисовой шелухи в условиях ВСД. Для этого обрабатывали наполнитель водными растворами NaOH концентрацией 2–10 мас.% одновременно с высокосдвиговым воздействием. Определено, что оптимальная концентрация щелочи составляет 6 мас.%, при которой прочность при изгибе возрастает на 18,1%, а ударная вязкость при  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  – на 37,9%. С помощью элементного анализа показали, что содержание  $\text{SiO}_2$  на поверхности снижается с 14,95 до 1,15 мас.%, что подтверждает разрушение кремнеземсодержащего эпидермального слоя.

Пятая глава посвящена разработке и оптимизации рецептуры композиционного материала. Исследовано влияние совместителей (Bondyram 1101, Fusabond P 353) и технологических смазок (Struktol RP11, Exad 6B). Определена оптимальная рецептура: ПП + 50 мас.% ферментативно модифицированной РШ (<200 мкм) + 3 мас.% Bondyram 1101 + 0,3 мас.% Struktol RP11. Проведен сравнительный анализ с промышленными древесно-полимерными композитами, показавший превосходство разработанного материала по ряду физико-механических характеристик.

В заключении изложены основные результаты и выводы, указаны перспективы развития данного направления исследования.

В приложении приведен технический акт об использовании ООО «Строительные Инновации Групп» (Исх. № 191 от 12.03.2026 г.) результатов диссертационной работы Горбачева А.В. По влиянию модификации рисовой шелухи в условиях высокосдвиговой деформации на физико-механические и эксплуатационные свойства композиционного материала на основе полипропилена.

Анализ содержания диссертации дает основание заключить, что автором решены поставленные задачи и достигнута цель. Диссертационная работа отвечает по содержанию научно-квалификационной работе на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов. Общая оценка работы является положительной.

Автореферат и научные публикации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

**По результатам диссертационной работы**, опубликовано 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК (в том числе в журналах категории К1, К2), 2 статьи в научных журналах, индексируемых в международных базах данных (Scopus) (Q1, Q2), а также 14 публикаций в сборниках тезисов и материалов международных и всероссийских научных конференций. Получен 1 патент на изобретение.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**, не вызывает сомнений.

Обоснованность и достоверность научных положений подтверждается использованием современных методов физико-химического анализа, проведением многоступенчатых экспериментов и воспроизводимостью результатов. Результаты исследований подтверждены апробацией на ведущих профильных конференциях и публикациями в рецензируемых научных изданиях.

Замечания и вопросы по диссертационной по работе.

1. На страницах 44–45 отсутствует исходное распределение частиц рисовой шелухи по размерам до проведения отсева; указан только общий диапазон 1–2 мм. При этом после отсева в работе используется фракционный диапазон приблизительно от 100 до 1250 мкм, что не согласуется с представленными данными входного контроля и возможно является опечаткой. Кроме того, не описано, какими методами осуществлялся входной контроль размера частиц наполнителя.

2. В работе в качестве основного содержания рисовой шелухи выбрано 50 мас. %, что автор обосновывает оптимальными экономическими показателями. Однако, согласно данным физико-механических испытаний, представленным в таблице 3.5, при данном содержании наполнителя отмечаются наименьшие значения прочности, относительной деформации и ударной вязкости. В связи с этим требует уточнения, можно ли считать содержание рисовой шелухи 50 мас. % оптимальным, а также соответствуют ли полученные физико-механические показатели требованиям стандартов, предъявляемым к изделиям данного назначения.

3. Согласно данным таблицы 3.3, наибольшие значения прочности при разрыве отмечены у композита, наполненного рисовой шелухой с размером частиц в диапазоне 250–355 мкм. При этом композит с наполнителем меньшей фракции демонстрирует более низкие показатели. В связи с этим требует уточнения, является ли выявленное различие статистически значимым или оно находится в пределах погрешности определения данных характеристик.

4. Соискателем представлены технико-экономические расчеты, однако в работе не указана продолжительность, необходимая для модификации растительного наполнителя. В связи с этим требует уточнения, не являются ли процессы ферментативной модификации и щелочной обработки чрезмерно длительными и не приведут ли они к увеличению производственного цикла при изготовлении композиционных изделий.

5. На странице 128 приведено сопоставление характеристик, однако не указано, с какими именно объектами проводится сравнение. Представляется целесообразным сопоставить полученные данные с показателями чистого полипропилена, а также немодифицированного композита при аналогичном содержании наполнителя.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в Положении о порядке присуждения ученых степеней**

Выполненная диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов по пунктам 2 и 6.

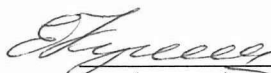
Диссертационная работа Горбачева Александра Вячеславовича на тему «Влияние модификации рисовой шелухи в условиях высокосдвиговой деформации на физико-механические и эксплуатационные свойства композиционного материала на основе полипропилена» является завершенной квалификационной работой, в которой содержатся научно обоснованные технические и технологические разработки, касающиеся создания полимерного композиционного материала на основе полипропилена и модифицированной

рисовой шелухи с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками, включая обоснование оптимальных режимов высокосдвиговой деформации, выбор эффективных методов ферментативной и щелочной модификации растительного наполнителя. Разработана рецептура, обеспечивающая повышенные прочность, ударную вязкость и перерабатываемость материала для строительных изделий наружного применения.

По своей актуальности, научной новизне, уровню выполнения, объему, научной и практической значимости полученных результатов диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в текущей редакции), а ее автор, Горбачев Александр Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и приработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Диссертационная работа, автореферат и отзыв обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры высокомолекулярных соединений и общей химической технологии Института химии и защиты в чрезвычайных ситуациях ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (от 22 мая 2026 г. протокол № 9).

Председательствующий заседания,  
доктор химических наук (02.00.06 – Высокомолекулярные соединения),  
профессор, заведующий кафедрой высокомолекулярных соединений  
и общей химической технологии Института химии  
и защиты в чрезвычайных ситуациях,

 / Кулиш Елена Ивановна/  
(подпись) (расшифровка подписи)



Сведения о ведущей организации:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»  
450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32  
+79177855789, onlyalena@mail.ru

Вход. № 05-8948  
« 01 » 06 2026 г.  
подпись 