



«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
лесотехнический университет»,
кандидат педагогических наук, доцент

Егорова Лилия Евгеньевна

« 18 » мар 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет» (ФГБОУ ВО «УГЛТУ») на диссертационную работу **Аникеевой Ксении Геннадьевны** «Озонирование древесного наполнителя в производстве композиционных материалов с матрицей из термопластичных полимеров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины

Актуальность темы. В России ежегодно образуются миллионы тонн древесных отходов. Перспективное направление их утилизации – производство древесно-полимерных композитов (ДПК). Однако широкому внедрению препятствует аспект, связанный с гидрофильностью древесины, из-за которой под воздействием влаги может снижаться прочность композитов.

Существующие методы модификации (ацетилирование, термообработка, УФ, плазма) либо дороги, либо разрушают структуру, либо снижают адгезию матрицы к наполнителю. Поэтому поиск энергоэффективного и масштабируемого метода функционализации поверхности древесины – важная научно-техническая задача.

Автор предлагает для решения этой задачи применение метода озонирования. Оно окисляет поверхностный лигнин, образуя полярные группы, что повышает гидрофильность и адгезию к разным полимерам. Дополнительную актуальность придаёт переход к полностью биоразлагаемым полимерам – это соответствует задачам снижения пластикового загрязнения и технологического суверенитета.

Рассматриваемая работа предлагает экологически безопасную и экономически обоснованную технологию. Результаты, представленные в работе, создают основу для ее внедрения в производство композитов.

Новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций. В рамках работы озонирование впервые предложено и

экспериментально подтверждено как энергоэффективный метод предобработки измельчённой древесины, установлены количественные зависимости краевого угла смачивания от дозы озона и начальной влажности. Разработана математическая модель совмещённой сушки и озонирования в псевдооживленном слое, на основе которой обоснована необходимость раздельного проведения стадий для исключения ингибирования реакции влагой. Впервые проведено комплексное сравнение древесно-полимерных композитов на трёх матрицах (ПЭВД, ПГБ, ТПК) с разными методами модификации, и доказано, что одностадийное озонирование превосходит термическую и комбинированную обработку по плотности и прочности. Также установлены оптимальные параметры термомеханической пластификации термопластичного крахмала.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, выносимых на защиту. Выводы диссертации являются обоснованными и достоверными. Обоснованность обеспечена аналитическим обзором литературы, математическим моделированием и корректным планированием экспериментов. Достоверность подтверждается большим объёмом экспериментальных данных и хорошей сходимостью с расчётами. Расхождения по краевому углу смачивания не превышают 1° , по концентрации озона 3 – 5 %. Верификация модели на всех стадиях процесса подтверждает её адекватность. Результаты опытно-промышленной апробации технологии производства биоразлагаемых контейнеров и положительные акты внедрения дополнительно свидетельствуют о практической достоверности результатов диссертационного исследования.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций. Научная значимость представленной работы заключается в создании математической модели совмещенного процесса сушки и озонирования измельченной древесины в условиях псевдооживленного слоя. Модель основана на принципах теплопереноса и химической кинетики окисления лигноцеллюлозного комплекса и позволяет количественно описать взаимное влияние начальной влажности сырья, гидродинамики газового потока и дозы озонного воздействия на кинетику снижения краевого угла смачивания поверхности наполнителя.

Работа имеет большую практическую значимость, которая заключается в разработке энергоэффективной и легко масштабируемой технологии целенаправленной поверхностной функционализации древесных отходов методом озонирования для производства древесно-полимерных композитов с полимерными матрицами различной химической природы, включая полностью биоразлагаемые системы на основе термопластичного крахмала и полигидроксibuтирата.

Разработанная технология производства биоразлагаемых посадочных контейнеров внедрена на ООО «НТЦ «Биополимер» (г. Ессентуки).

Соответствие паспорту специальности. Основные результаты диссертационной работы соответствуют п. 3 «Теория и методы воздействия техники и технологий на лесную среду в процессе лесовыращивания, заготовки и переработки древесного сырья» (пункты 1, 2, 3 научной новизны) и п. 4 «Технология и продукция в производстве: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, лесохимическом и сопутствующих им производствах» (пункты 4 и 5 научной новизны) из паспорта специальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования. Перспективным представляется применение результатов исследования для озонирования древесного наполнителя при производстве композитов, особенно для биоразлагаемых контейнеров из термопластичного крахмала и березовой муки. Внедрение таких контейнеров предотвращает повреждение корней при высадке, а регулирование дозы озона позволяет управлять скоростью разложения изделий. Научным организациям будет полезна разработанная математическая модель озонирования в псевдооживленном слое, применимая и для других газофазных модификаций. Государственными органами результаты исследования могут быть внедрены в программы развития биоразлагаемых материалов.

Соответствие автореферата диссертационной работе. Автореферат отражает основное содержание и выводы по диссертационной работе.

Оценка структуры и содержания работы. Диссертационная работа Аникеевой Ксении Геннадьевны на тему «Озонирование древесного наполнителя в производстве композиционных материалов с матрицей из термопластичных полимеров» является завершённой, обладает внутренним единством и содержит все необходимые разделы, логично связанные между собой, включая введение, 5 глав, заключение, список литературы, приложения. Работа изложена на 153 страницах, включает 71 рисунок и 9 таблиц. Список литературы включает 109 наименований цитируемых работ отечественных и зарубежных авторов. В приложениях представлены акт внедрения, дипломы победителя конкурсов «ТехноСтарт», «50 лучших инновационных идей для Республики Татарстан» и «Студенческий стартап». Диссертационная работа построена традиционным способом, характерным для кандидатских диссертаций, написана грамотным научным языком, текст изложен четко и лаконично.

При знакомстве с работой возник ряд **вопросов и замечаний:**

1. В работе в качестве основного сырья выбрана березовая мука фракции 0,1 – 0,25 мм. Чем обусловлен выбор именно этой породы и этой дисперсности? Насколько полученные результаты могут быть перенесены на другие виды древесных наполнителей?

2. В диссертации показано, что озонирование эффективнее термической и комбинированной обработки. Однако из литературного обзора известно, что плазменная обработка или обработка силанами также дают хорошие результаты. Проводилось ли прямое сравнение озонирования с этими методами?

3. Математическая модель процесса озонирования верифицирована для лабораторных условий. Планируется ли дальнейшее развитие модели для расчета производительности реакторов различного масштаба?

4. В разделе 5.2 описывается зависимость скорости биоразложения от дозы озонирования. Однако компостирование проводилось в лабораторных условиях по ГОСТ Р 57225-2016. Планируются ли натурные испытания в реальных почвенно-климатических условиях для оценки влияния сезонных колебаний температуры и влажности на кинетику деградациии?

5. На рис. 2.10 представлены экспериментальные точки, однако не указаны доверительные интервалы или погрешности измерений, что затрудняет оценку статистической значимости полученных зависимостей.

6. В литературном обзоре автор анализирует полимолочную кислоту как один из наиболее распространённых биоразлагаемых полимеров, отмечая её высокую механическую прочность, жёсткость и широкое применение в композитах. Тем не менее для экспериментального сравнения выбраны полигидроксibuтират и термопластичный крахмал, а полимолочная кислота не вошла в исследование. Чем обосновано ее исключение?

Указанные выше замечания и рекомендации носят уточняющий характер, направлены на перспективы дальнейшего развития исследования и не снижают общую ценность представленной работы.

Заключение

Диссертационная работа Аникеевой Ксении Геннадьевны представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная задача по разработке технологии озонирования древесного наполнителя для производства композиционных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Основные результаты диссертации опубликованы в 19 печатных трудах, в том числе издано 6 статей в рецензируемых научных изданиях из Перечня ВАК и 4 статьи в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, что удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации о публикациях основных научных результатов исследований и их количестве.

По актуальности, объему выполненных исследований, научной новизне, достоверности, научной и практической значимости полученных результатов и выводов диссертационная работа Аникеевой К.Г. на тему «Озонирование древесного наполнителя в производстве композиционных материалов с матрицей из термопластичных полимеров» соответствует критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата наук, изложенным в п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением

Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. (в текущей редакции), предъявляемым ВАК Российской Федерации к кандидатским диссертациям, а ее автор Аникеева Ксения Геннадьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Диссертационная работа и автореферат были рассмотрены на заседании кафедры технологий ЦБП и переработки полимеров ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», протокол № 12 от « 06 » Мая 2026 г.

Отзыв подготовил:

доктор технических наук (4.3.4. Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины), доцент, профессор кафедры технологий ЦБП и переработки полимеров федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет»

ВЕРНО
Ведущий специалист по кадрам
Кадрово-правового управления
Подлинник документа находится
в ФГБОУ ВО «УГЛУ»

Шкуро Алексей Евгеньевич

« 06 » Мая 2026 г.

Адрес: 620100, РФ, Уральский федеральный округ, Свердловская область, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, д. 37, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

Тел.: +7 (965) 517-57-36

E-mail: shkuroae@m.usfeu.ru

Вход. № 05-8983
« 01 » 06 20 26 г.
подпись 