

На правах рукописи



Жужукин Константин Викторович

**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО ПРОПИТЫВАЮЩЕГО СОСТАВА ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ДРЕВЕСИНЫ**

4.3.4 – Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки
древесины

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»).

Научный руководитель: **Бельчинская Лариса Ивановна** - доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ.

Официальные оппоненты: **Бурындин Виктор Гаврилович** – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет», кафедра технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров, профессор

Паринов Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, инженер-конструктор, ООО «ТД ВАР-ТОН»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова»

Защита состоится 07 июля 2023 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 24.2.285.01 при ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8, зал заседаний – аудитория 146.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова:
https://vgltu.ru/files/documents/Disert_24.2.285.01/zhuzhukin/dissertaciya_zhuzhukin_k_v.pdf

Автореферат разослан _____ мая 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Платонов Алексей Дмитриевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Общая площадь лесов в мире по данным Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций оценивается в 4,06 млрд. га. В Российской Федерации находится 0,809 млрд. га лесных насаждений с общим запасом древесины (согласно данным Рослесхоза) 102,2 млрд. куб.м. В центральной части Российской Федерации береза является основной древесной породой с общей площадью березняков около 0,08 млрд. га и запасом деловой древесины, примерно, 60 млрд. м³.

Древесина представляет собой наиболее распространенный экологически чистый, возобновляемый природный полимер со сложной структурой, основными компонентами которого являются целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин и экстрактивные вещества. Древесина, имея значительные преимущества перед другими материалами, обладает существенным недостатком, восприимчивостью к влаге, в том числе и атмосферной. Этот недостаток обусловлен наличием в ее химической структуре большого количества гидроксильных групп. Под действием влаги происходит изменение размеров древесины и снижение ее эксплуатационных показателей, значительное сокращение срока службы изделий, биологическое разложение.

В Российской Федерации, в соответствии с действующими стандартами, древесина, используемая в среде с высокой влажностью и постоянным контактом с водой должна подвергаться процессу пропитки. Основными пропиточными составами для такой древесины являются креозотовое масло, каменноугольное масло и другие нефтесодержащие составы. Эти составы, обеспечивая существенную защиту древесины от биологического и климатического разрушений и значительно повышая её водостойкость, обладают высокой токсичностью и поэтому представляют опасность для окружающей среды. Зарубежные пропиточные составы обеспечивают высокую водо- и биостойкость, однако технология пропитки многоэтапная и характеризуется сложностью и значительными трудо- и энергозатратами.

В связи с этим актуальной задачей является разработка нового пропиточного состава и технологии пропитки для получения материалов улучшенными показателями водо- и влагостойкости, формоустойчивости, значительной стойкостью к биодegradации и низкой стоимостью.

Диссертация выполнена в рамках проекта от Фонда содействия инновациям № договора 15368ГУ/2020) по теме «Разработка нового композиционного материала на основе древесины, отработанного моторного масла и мелкодисперсного наполнителя», Гранта Президента РФ для магистров (GP865), внутривузовского гранта для молодых ученых от ВГЛТУ, а также в рамках госбюджетной тематики кафедры химии ВГЛТУ: «Физико-химическая активация процессов сорбции, катализа, импрегнирования и формирование природоподобных композитов на основе минеральных и биополимеров». Регистрационный номер: 11605101001.

Степень разработанности проблемы.

Одним из перспективных способов решения проблемы является разработка новых пропиточных составов и технологии пропитки древесины. Разработкой пропиточных составов для модифицирования древесины, определения структуры и способов пропитки древесины, изучением свойств полу-чаемого материала посвятили свои работы: Патякин В.И., Базаров С.М., Григорьев Г.В., Кацадзе В.А., Шамаев В.А., Бельчинская Л.И., Бурындин В.Г., Паринов Д.А., Чубинский А.Н., Ahmed B.M., Esteves B., Hill CAS, Humar M., Lesar B., Papadopoulos A.N., Rowell R.M., Samyn P., Scholz G., Militz H., Krause A., Taman A.R., Thanamongkollit N., Wang C., Wilson A., Xie Y., Zanini S, и др.

Цель исследований. Разработка комплексного пропитывающего состава на основе отработанного моторного масла с добавлением органических наполнителей и технологии пропитки древесины, для повышения её эксплуатационных свойств.

Задачи исследования.

1. Провести анализ существующих технологий, методов модификации и основных структурных компонентов древесины для повышения ее эксплуатационных показателей.

2. Обосновать выбор органических компонентов комплексного состава для пропитки древесины, обеспечивающих её более высокие эксплуатационные показатели.

3. Обосновать режимы пропитки древесины методом горяче-холодных ванн с учетом разработанного пропиточного состава.

4. Исследовать эксплуатационные показатели древесного композиционного материала, пропитанного разработанным комплексным составом.

5. Провести технико-экономическое обоснование технологии пропитки древесины разработанным комплексным составом.

Объектом исследования являются натуральная и модифицированная древесина, технология пропитки, пропиточный состав и его компоненты.

Предметом исследования являются эксплуатационные свойства натуральной и модифицированной древесины, характеристики разработанного пропиточного состава.

Научная новизна работы.

1. Разработан новый пропиточный состав на основе отработанного моторного масла бензинового двигателя, отличающейся включением наполнителей в виде талловой канифоли и технического парафина, позволяющих повысить водостойкие и антисептические показатели древесины.

2. Определена высокая степень межфазного взаимодействия древесины и отработанного моторного масла (по величине краевого угла смачивания), отличающееся снижением межфазных затруднений при диффузии молекул компонентов пропиточного состава в структуру древесины.

3. Установлены закономерности межмолекулярного взаимодействия древесины и разработанного пропиточного состава, отличающиеся учетом взаимодействия пероксидных, карбонильных, карбоксильных и других функциональных групп, находящихся в компонентах пропиточного состава, способных к образованию связей с гидроксильными группами древесины.

4. Установлены зависимости физико-механических свойств древесины от процентного соотношения компонентов пропиточного состава, отличающиеся повышением эксплуатационных показателей древесины.

5. Обоснованы режимы пропитки древесины разработанным комплексным составом методом горяче-холодных ванн, отличающиеся высоким качеством пропитки и меньшими энергозатратами.

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании межмолекулярного взаимодействия реакционноспособных функциональных групп компонентов пропиточного состава с гидроксильными группами древесины.

Научная значимость заключается в уточнении процесса проникновения и распределения разработанного пропиточного состава по анатомическим элементам древесины; установлении изменения межфазного взаимодействия древесины и пропиточного состава; установлении механизма гидрофобизации пропитанной древесины в результате межмолекулярного взаимодействия функциональных групп компонентов древесины и разработанного пропиточного состава, отличающихся наличием ряда реакционноспособных групп, способных к образованию межмолекулярных связей.

Практическая значимость работы состоит в разработке технологии получения комплексного пропиточного состава и технологии пропитки для создания композиционного древесного материала, обеспечивающего более высокие эксплуатационные свойства при использовании в нежилом строительстве в качестве различных конструктивных сооружений. Результаты исследований используются в ООО «Модификация», ООО «Дизель-Сервис», и в учебном процессе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» при подготовке бакалавров и магистров.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая база исследования. При диссертационном исследовании базовыми являлись труды ученых в области технологий получения комплексных пропиточных составов и композиционных материалов, древесиноведения, технологии деревообработки, лесного хозяйства. При проведении экспериментальных исследований использовались современная электронно-микроскопическая и тензиометрическая (измерение угла контакта) аппаратура, гравиметрия, рентгенометрии, спектрометрия и термометрия, методы статистической обработки опытных данных.

Научные положения, выносимые на защиту

1. Новый пропиточный состав на основе отработанного моторного масла бензинового двигателя, талловой канифоли, технического парафина и технологии его получения, позволяющий повысить эксплуатационные свойства древесины.

2. Закономерности межмолекулярного взаимодействия древесины и разработанного пропиточного состава, отличающиеся взаимодействием пероксидных, карбонильных, карбоксильных и других функциональных групп, находящихся в компонентах пропиточного состава, способных к образованию межмолекулярных связей с гидроксильными группами древесины, позволяющие повысить физико-механические свойства древесины.

3. Зависимости изменения процентного соотношения компонентов пропиточного состава, позволяющие влиять на основные эксплуатационные показатели композиционного материала.

4. Разработанные технологические режимы получения модифицирующего состава и пропитки древесины методом горяче-холодных ванн, обеспечивающие высокие технико-экономические показатели технологии качества пропитки.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов обеспечивается использованием современной электронно-микроскопической и тензиометрической аппаратуры, гравиметрии, рентгенометрии, спектрометрии и термометрии; применением современных методик статистической обработки результатов экспериментальных исследований.

Основные результаты диссертации доложены на двух международных научно-технических конференциях (г. Воронеж, 2019, 2020 гг.), трех всероссийских научно-технических конференциях (г. Воронеж, 2021 гг.), а также ежегодных научно-практических конференциях ФГБОУ ВО ВГЛУ (2019–2022 гг.).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Полученные научные результаты соответствуют пунктам паспорта специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины»: пункту 4 «Технология и продукция в производствах: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, лесохимическом и сопутствующих им производствах».

Личный вклад соискателя состоит в: определении актуальности, цели и задач исследования, обосновании применения основных компонентов пропиточного состава, обосновании и выборе наиболее эффективной пропиточной композиции, установлении закономерности межмолекулярного взаимодействия реакционноспособных групп отработанного моторного масла и наполнителей с функциональными группами структурных компонентов древесины, проведении экспериментальных исследований по определению водостойкости, биостойкости, распределения пропиточного состава по структуре древесины, корректировке технологии пропитки древесины методом горяче-холодных ванн, обеспечивающей высокое качество пропитки и технико-экономические показатели, статистической обработке результатов экспериментов, подготовке основных публикаций по теме исследования.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 4 входит в перечень изданий, рекомендуемых ВАК РФ, 4 статьи Scopus и WoS, 4 патента на изобретения.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и рекомендаций, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы 177 страниц машинописного текста, включающего 134 страницы основного текста, 18 таблиц, 58 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлена общая характеристика работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, научные положения, выноси-

мые на защиту, теоретическая и практическая значимость научных исследований.

В первой главе проведен анализ современных способов и технологий получения водо- и биостойкой древесины, на примере древесины берёзы, рассмотрены пропиточные составы для защиты древесины от биodeградации, а также проанализированы основные методы пропитки. Установлено, что разработанные способы и методы защиты древесины обладают большим количеством преимуществ, однако у каждого из них существуют недостатки, не позволяющие в полной мере защитить древесину от негативных воздействий. Анализ литературных источников позволил установить наличие повышенной биостойкости древесины, пропитанной составами на нефтяной основе, которые являются высокотоксичными и опасными для человека и окружающей среды. В связи с этим требуется разработка нового комплексного модифицирующего состава, сочетающего возможность придания древесине высоких гидрофобных показателей и биостойкости без снижения прочностных показателей минимальной токсичности.

Во второй главе проведено теоретическое обоснование выбора основных компонентов пропиточного состава. Для более полного анализа и теоретического обоснования возможности образования химических или межмолекулярных взаимодействий пропиточного состава и древесины березы были рассмотрены основные функциональные группы древесного материала (б) и минерального, полусинтетического и отработанного моторных масел (а) (ОММ), представленных на рисунке 1.

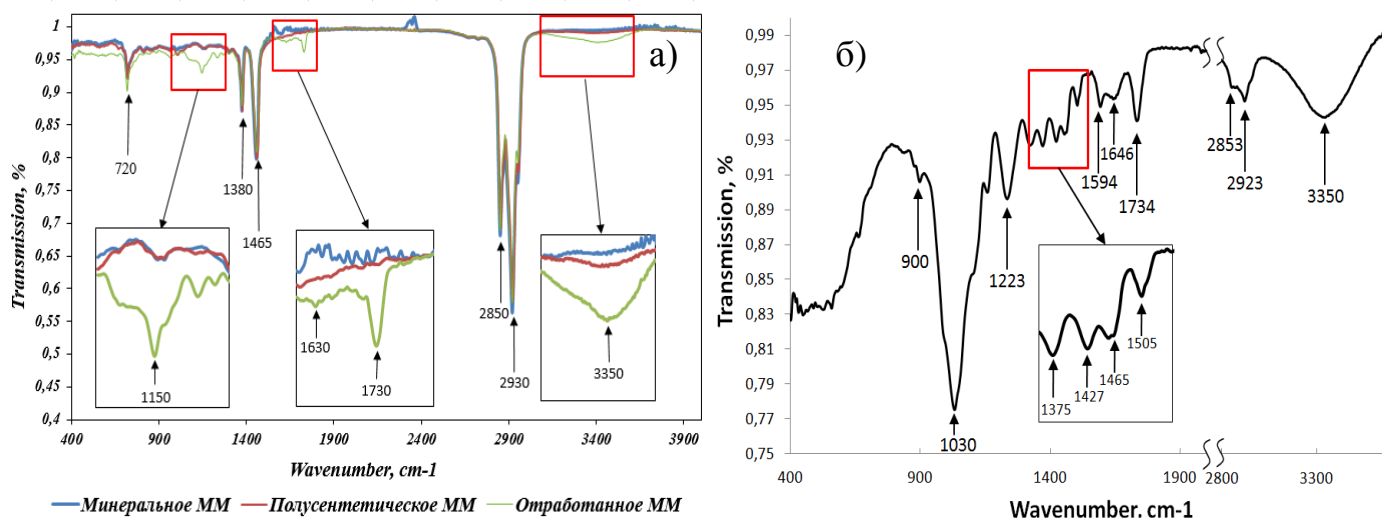


Рисунок 1 – ИК-спектры масел (а) и древесины березы (б)

При сравнении результатов ИК-спектроскопических исследований установлена идентичность ИК-спектров для минерального и полусинтетических масел, но ИК- спектр ОММ существенно отличается более выраженным пиком 3600 – 3000 см⁻¹, образующимся при характеристических колебаниях ОН группы, свидетельствующий об обводнении моторного масла, а узкий пик 1740 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям химически активной карбонильной группы (C=O). Образование новых пиков при частотах 1150 см⁻¹ и 970 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям высокорекреационной пероксидной группы (-C-O-O-), образующейся при деструкции ОММ и способной к химическому взаимодействию

с функциональными группами древесины. Кроме того, проводилось исследование функциональных групп талловой канифоли, в результате которого установлено наличие реакционных групп карбоновой кислоты.

Во третьей главе представлены способы и методы проведения экспериментальных исследований. Для экспериментов использовалась древесина березы повислой (*Betula pendula*). Исследования вязкости пропиточных составов определяли на вискозиметре Пинкевича ВПЖ-2, поверхностное взаимодействие с древесиной - методом краевого угла смачивания. Размер частиц и их распределённости по объёму пропиточного состава оценивалось на анализаторе размеров частиц PhotocorMini методом динамического светорассеяния. Механизм взаимодействия функциональных групп компонентов состава между собой и с древесиной изучали на ИК-Фурье спектрометре Bruker VERTEX 70. Для оценки количества поглощения пропиточного состава древесиной использовали гравиметрический метод, а степень заполнения внутренних пор и пустот методом микрорентгеновской томографии высокого разрешения и сканирующей электронной микроскопии. Для исследования формоустойчивости древесины использовали методы водо- и влагопоглощения, объемного разбухания, способности древесины противостоять разбуханию. Морфологию поверхности древесины анализировали на растровом электронном микроскопе JSM-6380LV JEOL, термогравиметрические и калориметрические анализы - на анализаторе Netzsch STA449F3. Ускоренные испытания на биостойкость древесины проводили с культурой *Poriaplacenta*. Годичные полигонные испытания древесины на биостойкость проходили в земляной, песчаной и водной средах. Физико-механические испытания древесного композита проведены на универсальной разрывной машине Енергас.

В четвертой главе выбрана матрица для создания пропиточного состава из отработанных моторного, трансмиссионного, подсолнечного и кукурузных масел. Обоснование выбора матрицы пропиточного состава проводилось по следующим показателям: процент поглощения древесиной пропиточного состава, водопоглощение, влагопоглощение, разбухание в радиальном и тангенциальном направлениях, условная вязкость, краевой угол смачивания древесины пропиточным составом. Установлена перспективность использования в качестве матрицы композиционного пропитывающего состава отработанного моторного масла (ОММ), т.к. пропитанные этим составом образцы обладают наиболее высокой водостойкостью и низкой вымываемостью, а водопоглощение и объемное разбухание после 30 суток снижается на 57 и 13 % соответственно относительно не пропитанной древесины. Степень межфазного взаимодействия между пропиточным составом и древесиной в трех взаимно-перпендикулярных направлениях оценивался по значению динамического краевого угла смачивания в течении 90 секунд, анализ которого позволил установить высокую степень межфазного взаимодействия древесины и отработанного моторного масла в результате снижения межфазных затруднений при диффузии молекул компонентов пропиточного состава в структуру древесины. Состояние ОММ при температуре пропитки древесины (120 °С) оценивалось по результатам термогравиметрических исследований. Установлен небольшой тепловой эффект при 120 °С (рис. 2а) и только при 325 °С наблюдается резкое возрастание теплового эффекта реакции

термодеструкции ОММ до 1661 Дж/г (рисунок 2), сопровождающееся значительной потерей массы в результате снижения количества компонентов моторного масла легкой фракции (96,38 %) (рисунок 2б).

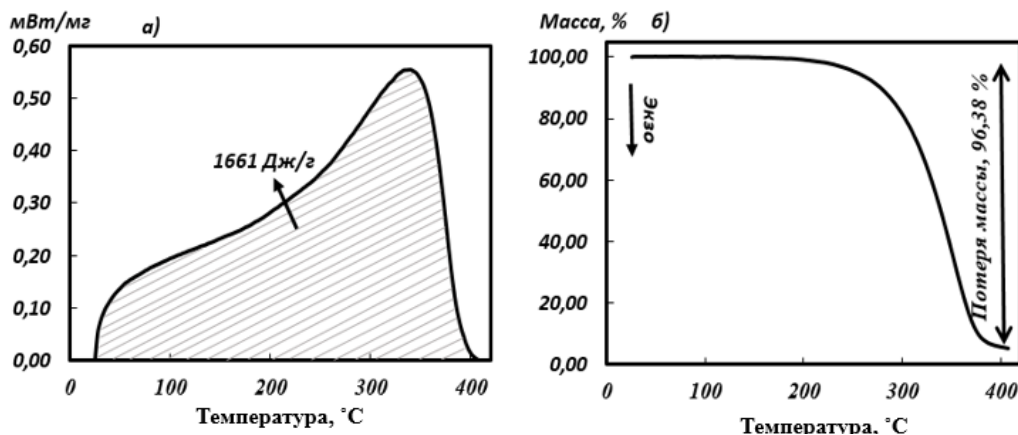


Рисунок 2– Изменение массы (а) и тепловых эффектов (б) при Термодеструкции ОММ

Комплексный модифицирующий состав включает матрицу в виде ОММ и наполнителей. Обоснование выбора наполнителей пропиточного состава проводилось по следующим показателям: процент поглощения древесиной пропиточного состава, водопоглощение, влагопоглощение, разбухание в радиальном и тангенциальном направлениях. Исследована возможность использования в качестве наполнителей-модификаторов нефтяного строительного битума, технического парафина, муки древесины хвойных пород. Введение строительного битума придаёт пропитанным образцам ряд преимуществ: низкие показатели водо-, влагопоглощения, разбухания в тангенциальном и радиальном направлениях, однако не достигается высокой степени пропитки древесины. В результате применения в композиции технического парафина степень гидрофобности возрастает при большей глубине пропитки в сравнении с нефтяным битумом. Высокую эффективность в качестве наполнителя модификатора показала абиетиновая кислота, содержащаяся в большом количестве в смоле муки древесины хвойных пород и имеющая реакционные группы карбоновой кислоты способные к межмолекулярному взаимодействию с гидроксильными группами древесины. Значительное количество абиетиновой кислоты (более 56 %) содержится в талловой канифоли. Таким образом, сформирован комплексный модифицирующий пропиточный состав, состоящий из отработанного моторного масла (ОММ), технического парафина, талловой канифоли, содержащей до 90 % гидрофобизирующих смоляных кислот. Для установления оптимального процентного соотношения компонентов пропиточного состава были проведены сравнительные исследования различных вариантов композиции: отработанное моторное масло – 70, талловая канифоль – 5-25, технический парафин – 5-25 масс. ч. В результате экспериментальных исследований установлено, что наиболее эффективной композицией является состав включающий: отработанное моторное масло – 70, талловая канифоль – 15, технический парафин – 15 масс. ч. Таким образом,

композиционный пропиточный состав с выбранным соотношением компонентов использовался для дальнейших исследований.

Качество пропитки определяется, среди прочих факторов, особенностями микроструктуры древесины, играющей основную роль при распределении пропиточного состава в объеме древесины. На рисунке 3 представлены результаты микрорентгеновской компьютерной томографии.

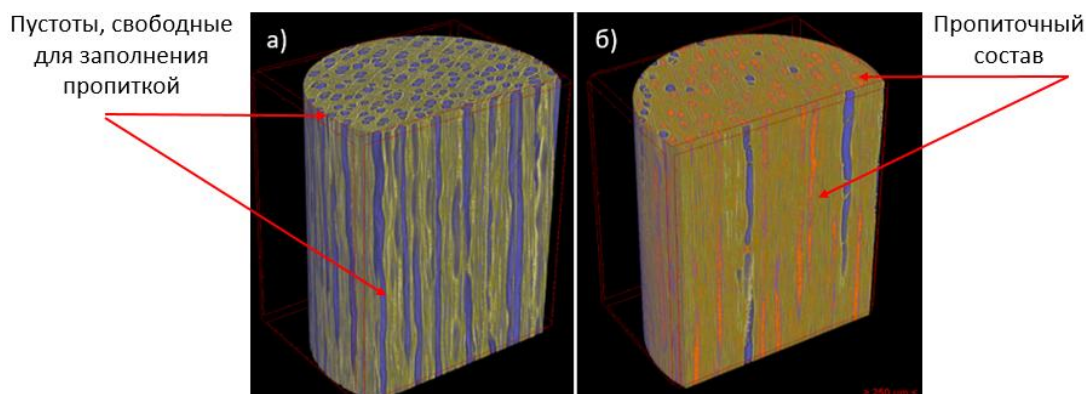
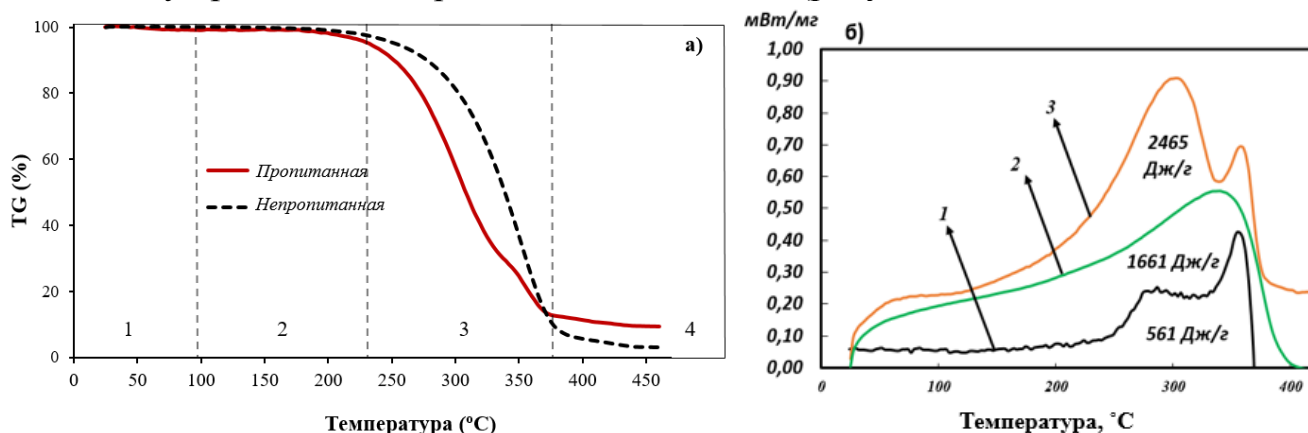


Рисунок 3 – 3Д модели образцов древесины до (а) и после (б) пропитки

На полученных изображениях отчетливо видны поры и пустоты в анатомической структуре древесины. На рисунке 3б представлено изображение древесины, заполненной пропиточным составом. Заполняемость пор и пустот составила более 80 %, что подтверждается данными по поглощению пропиточного состава древесиной после пропитки. Высокая пропитывающая способность препятствует доступу воды и влаги к функциональным группам древесины (в основном, гидроксильным), что позволяет повысить её водостойкость и формоустойчивость.

О возможности взаимодействия пропиточного состава с функциональными группами древесины свидетельствуют результаты термогравиметрических и калориметрических исследований исходной и модифицированной древесины в виде повышения теплового эффекта за счет деструкции межмолекулярных связей между древесиной и пропиточным составом (рисунок 4).



1 - непропитанная древесина березы; 2 - отработанное моторное масло; 3 - древесина, пропитанная комплексным составом

Рисунок 4 – Результаты исследований термогравиметрии (а) и дифференциальной сканирующей калориметрии (б)

При анализе ИК спектров древесины, ОММ и пропитанной древесины установлено межмолекулярное взаимодействие древесины и разработанного пропиточного состава, отличающиеся взаимодействием пероксидных, карбонильных, карбоксильных и других функциональных групп, находящихся в компонентах пропиточного состава, способных к образованию межмолекулярных связей с гидроксильными группами древесины рисунок 5.

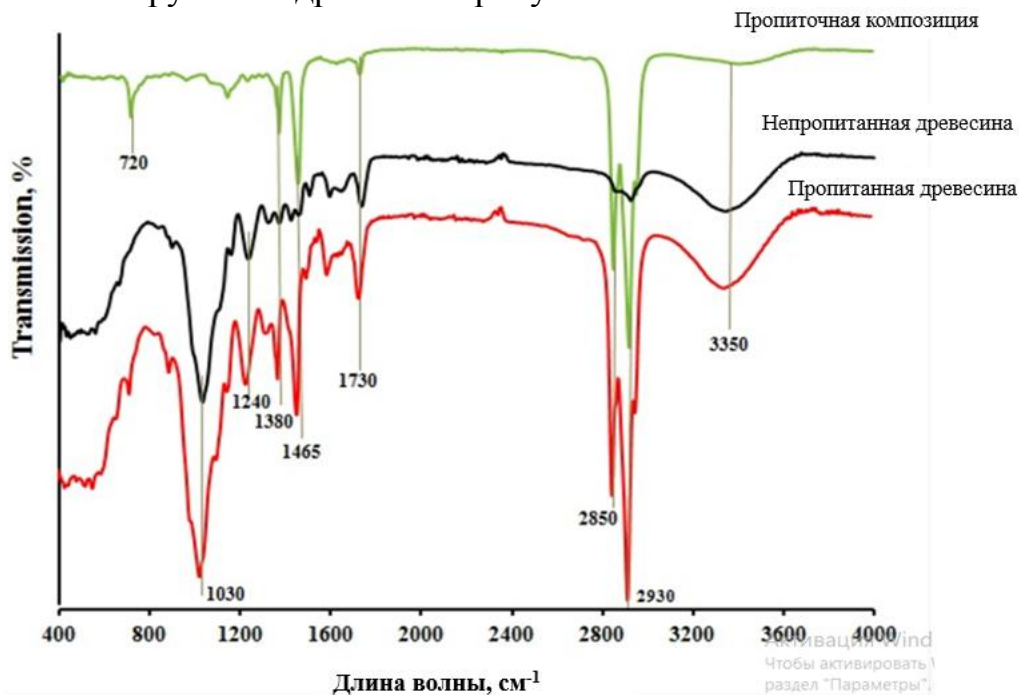


Рисунок 5 – ИК-спектры основных компонентов пропиточного состава

Гидрофобизирующая эффективность использования, разработанного комплексного пропиточного состава оценивалась по высокому приросту массы древесины (80,68%) при пропитке, улучшению размерной стабильности: водо- и влагопоглощение древесины снизилась в 3,7 раза и на 97,6% соответственно (рис.6). Разбухание уменьшилось в тангенциальном (на 56,8%)и радиальном (на 45,7%) направлениях (рис 7). Вымываемость после 30 суток составила менее 5 %

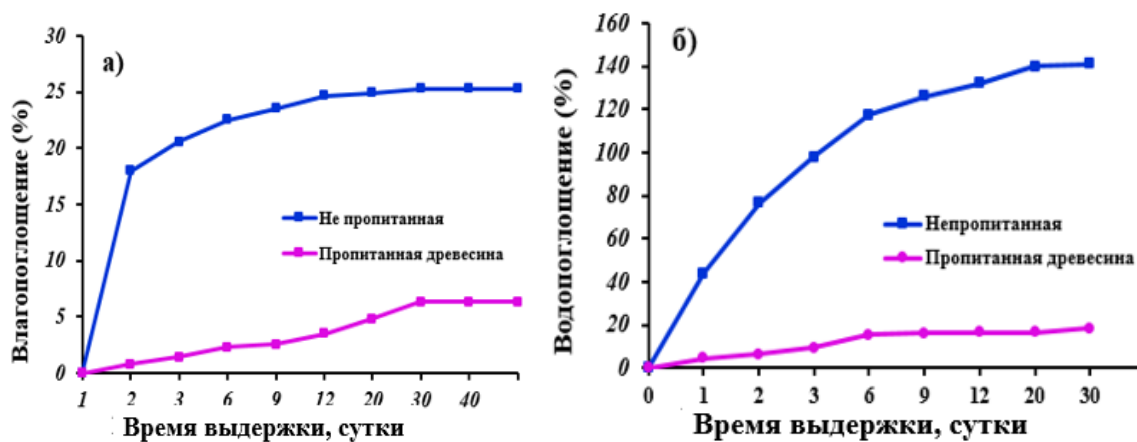


Рисунок 6 – Влагопоглощение (а) и водопоглощение (б) пропитанной и непропитанной древесины березы

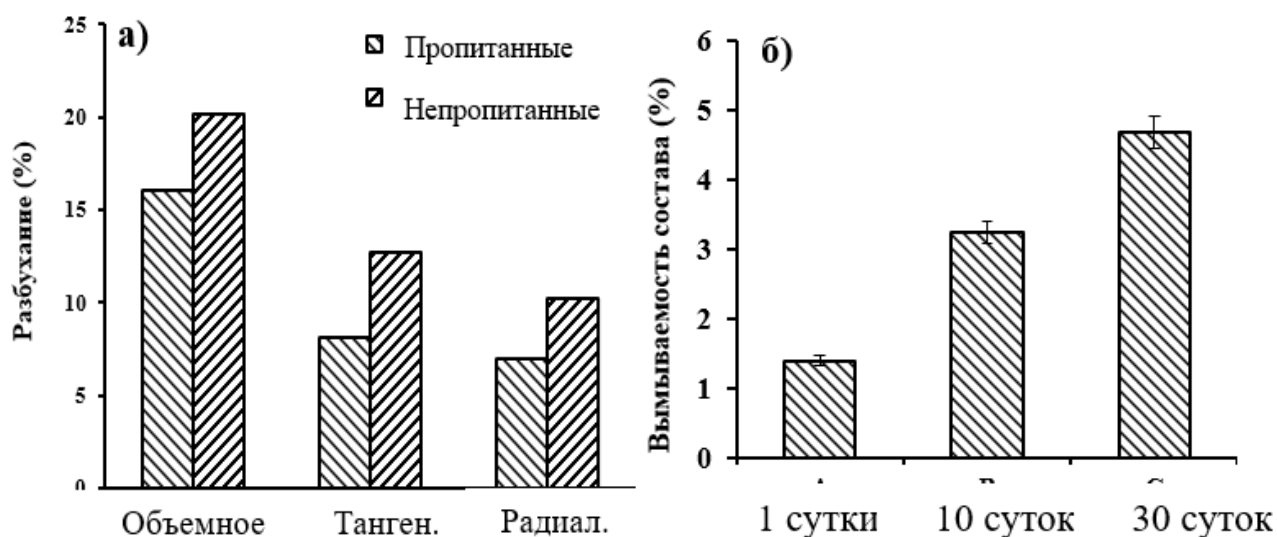


Рисунок 7 – Разбухание в тангенциальном и радиальном направлениях (а) и вымываемость пропиточного состава (б)

Для установления эффекта пропитки разработанным комплексным составом на биостойкость древесины проведены полигонные и ускоренные испытания пропитанной и исходной древесины. Эффективность защиты от биологического разрушения пропитанной древесины комплексным составом оценивалась по уменьшению массы древесины через определённый временной промежуток времени (рис. 7): через 16 недель инкубирования при наличии *Poriaplacenta* потеря массы для необработанных образцов составляла 47,32%, для пропитанных – 3,61%. Снижение массы пропитанных образцов в результате годичных полигонных испытаний не превышала 5% и уменьшалась более 8 раз относительно непропитанных образцов (рисунок 8).

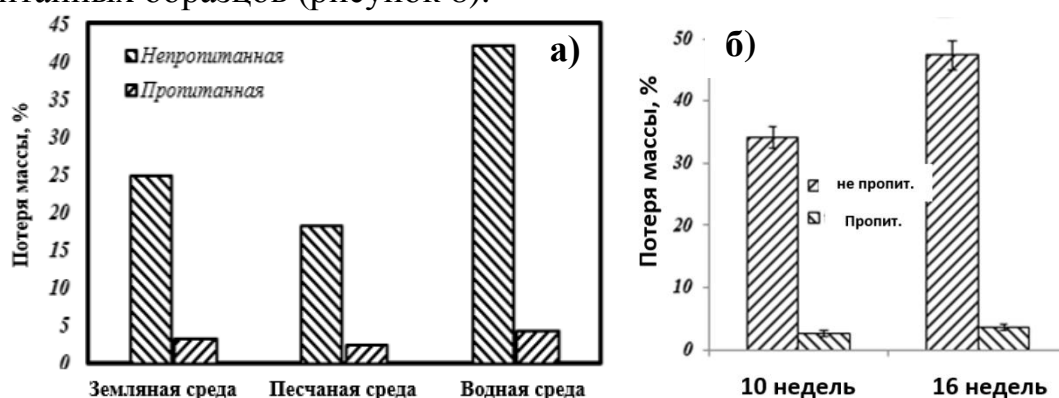
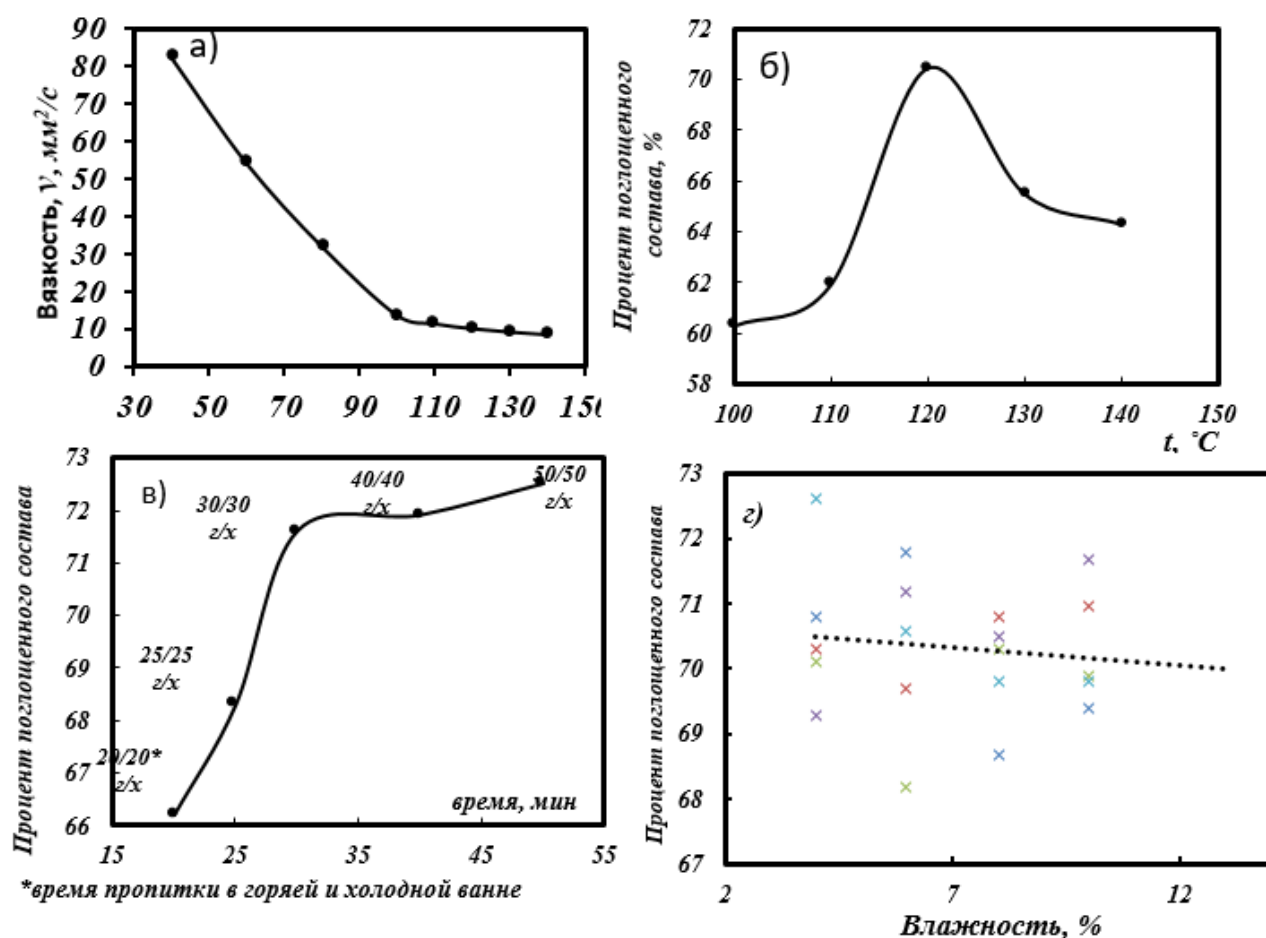


Рисунок 8 – Результат полигонных (а) и ускоренных испытаний (б) на биостойкость пропитанной и не пропитанной древесины березы

В пятой главе определены технологические показатели древесины, обеспечивающие высокое качество пропитки разработанным комплексным составом (рисунок 9): температура максимального снижения условной вязкости 100°C (а), температура пропиточного состава 120 °C (б), время пропитки (30 минут) (в), при изменении влажность исходной древесины не наблюдалось значи-

тельного влияния на качество пропитки (γ), в связи с чем рекомендуемая влажность древесины до пропитки может составлять 8-14 %.



а - вязкость пропиточного состава в зависимости от температуры; б - процента поглощения состава в зависимости от температуры; в - времени пропитки; г - влажности древесины

Рисунок 9 – Результаты определения режимов пропитки древесины

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана технология получения нового композиционного материала на основе древесины берёзы, пропитанной комплексным модифицирующим составом, включающем отработанное моторное масло, таловую канифоль, технический парафин, что позволяет получить древесный композит с улучшенными водо- и биостойкостью.

2. Теоретически обоснован выбор основных компонентов пропиточного состава в виде отработанного моторного масла и таловой канифоли способных к межмолекулярному взаимодействию с гидроксильными группами древесины за счет наличия реакционноспособных пероксидных, карбонильных, карбоксильных и других функциональных групп.

3. Исследована возможность использования битума и парафина в качестве наполнителей пропитывающего состава. Несмотря на высокие качества пропитывающего состава по водо- и влагопоглощению, разбуханию в тангенци-

альном и радиальном направлениях использование в композиции нефтяного битума не позволяет достигать высокой степени пропитки древесины, однако применение в композиции технического парафина значительно повышает степень гидрофобности древесины при большей глубине пропитки в сравнении с нефтяным битумом.

4. Обосновано наиболее эффективное соотношение компонентов пропиточного состава: отработанное моторное масло (70%), талловая канифоль (15%), технический парафин (15%) обеспечивающие, уменьшение водопоглощения в 3,7 раза и влагопоглощения на 97,6 %, разбухания в тангенциальном направлении на 56,8 %, в радиальном направлении на 45,7 % относительно непропитанной древесины за счет высокой степени заполняемости анатомических структур древесины (более 70%).

5. Установлены режимы эффективной пропитки древесины березы разработанным комплексным модифицирующим составом: время пропитки - первая ступень 30 минут, вторая ступень 30 минут; влажность – 8-14 %; температура пропитки 120 °С.

6. Установлена значительная эффективность пропиточных составов для защиты древесины от биологического разрушения. Через 16 недель инкубирования с грибом рода *Rotiplacenta* потеря массы необработанных образцов составляет 47,32 %, обработанных - 3,61 %. Понижение массы образцов в результате годичных полигонных испытаний не превышала 5 % и уменьшалась более 8 раз относительно непропитанных образцов.

7. На основе данных, полученных при изучении эксплуатационных показателей нового композиционного материала на основе древесины берёзы, пропитанной новым комплексным составом, экономически обоснована целесообразность его применения в условиях повышенной влаги и содержания воды. Экономический эффект разработанной технологии составляет 103,6 р на один литр и 25900 руб. 1 куб.м. древесины.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. Effect of spent engine oil with additives on water and bio resistance of birch and pine wood / L.I. Belchinskaya, K.V. Zhuzhukin, L.A. Novikova, A.I. Dmitrenkov, JanSedliachik. // Лесотехнический журнал. - 2018 Т.8. - № 2 С. 196-204. DOI: 10.12737/article_5b2406191848a1.09510619

2. Исследование влияния импульсного магнитного поля и адсорбированной воды на свойства древесины методом инфракрасной спектроскопии / В.В. Саушкин, Н.Н. Матвеев, В.В. Постников, Н.С. Камалова, В.И. Лисицын, Н.Ю. Евсикова, К.В. Жужукин, Х.Т. Нгуен // Лесотехнический журнал. - 2018. - Т. 8. - № 2 (30). - С. 222-232.

3. Влияние ультразвукового диспергирования пропиточного состава древесины на её гидрофобизацию / Л.И. Бельчинская, К.В. Жужукин, Т.А. Новико-

ва А.И. Дмитренко, Н.А. Ходосова // Лесотехнический журнал.- 2019. - Т. 9. № 2 (34). - С. 126-136.

4 / Повышение водостойкости древесины пропиточным составом на основе растительного масла с диоксидом кремния / Е. В. Томина, А. И. Дмитренко, К. В. Жужукин, Н. А. Ходосова, Н. В. Мозговой // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 2 (46). – С. 68–79. – Библиогр.: с. 76–78 (20 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/6>

В международных базах данных

1. Impregnation of wood with waste engine oil to increase water-and bio-resistance Belchinskaya L., Zhuzhukin K.V., Ishchenko T., Platonov A. Forests. 2021. Т. 12. № 12. (Q1)

2. Elaboration of a composition based on spent engine oil and wood flour for birch wood impregnation and railway sleepers production/ Belchinskaya L.I., Zhuzhukin K.V., Dmitrenkov A.I., Novikova L.A., Khodosova N.A./В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions" (Forestry-2019). 2019. С. 012075 DOI: 10.1088/1755-1315/392/1/012075

3. Studying and imparting moisture absorption qualities of the new wood based bio-composite material L Belchinskaya, K Zhuzhukin, A Dmitrenkov and F Roessner 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 595 012053

4. Tomina E.V., Dmitrenkov A.I., Zhuzhukin K.V. The Use of Nanosized ZnO in Compositions for Wood Protective Treatment. Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal, 2022, no. 4, pp. 173–184. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-4-173-184>

В патентах

9. Патент на изобретение RU 2690633 С1, 04.06.2019. Состав для пропитки железнодорожных шпал / Бельчинская Л.И., Жужукин К.В., Дмитренко А.И., Новикова Л.А. Заявка № 2018113065 от 10.04.2018.

10. Патент на изобретение 2729741 С1, 11.08.2020. Заявка № 2019142034 от 16.12.2019. Композиционный состав для гидрофобизации древесины / Л.И. Бельчинская, К.В. Жужукин, А.И. Дмитренко, Л.А. Новикова, Н.А. Ходосова.

11. Патент на изобретение 2752954 С1, 11.08.2021. Заявка № 2020139691 от 01.12.2020. Композиционный состав для антисептической и гидрофобизирующей защиты древесины / К.В. Жужукин, Л.И. Бельчинская.

12. Патент на изобретение 2777340 С1, 02.08.2022. Заявка № 2021136837 от 13.12.2021. Композиционный состав для гидрофобизации и консервирования древесины Дмитренко А. И., Жужукин К. В., Бельчинская Л. И., Томина Е. В., Ходосова Н. А., Новикова Л. А.

В сборниках научных трудов и материалах конференций

13. Жужукин, К. В. Применение воска и парафина для пропитки древесины / К. В. Жужукин, Л. И. Бельчинская // Подготовка кадров в условиях перехода на инновационный путь развития лесного хозяйства : Научно-практическая конференция, Воронеж, 21–22 октября 2021 года. – Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 148-151.

14. Бельчинская, Л. И. Использование отработанного моторного масла для получения композитов / Л. И. Бельчинская, К. В. Жужукин, Н. В. Жужукин // Фундаментальные и прикладные исследования молодых ученых в области получения композитных материалов нового поколения : Материалы национального молодежного научного симпозиума, Воронеж, 25–27 сентября 2018 года. – Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2018. – С. 236-241.

15. Жужукин, К. В. Создание нового материала на основе древесины, отработанного моторного масла и мелкодисперсного наполнителя / К. В. Жужукин, Л. И. Бельчинская // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской области на службу региона: Сборник докладов региональной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Воронеж, 27–28 ноября 2019 года. – Воронеж: ЗАО "ВИТЦ", 2019. – С. 66-69.

16. Бельчинская, Л. И. Получение композитов на основе природоподобного биополимера древесины березы / Л. И. Бельчинская, К. В. Жужукин // Химически модифицированные минералы и биополимеры в XXI веке CHEMOPOLYS 2020 : Материалы Всероссийского интернет-симпозиума с международным участием, посвященного 100-летию науки о полимерах и 90-летию Воронежского государственного лесотехнического университета, Воронеж, 01–02 декабря 2020 года. – Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2020. – С. 206-210.

17. Создание композиционного состава для пропитки железнодорожных шпал / Л. И. Бельчинская, К. В. Жужукин, А. С. Бушуева, Н. В. Жужукин // Современные машины, оборудование и IT-решения лесопромышленного комплекса: теория и практика : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 17 июня 2021 года. – Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 192-197. – DOI 10.34220/MMEITSIC2021_192-197.

Просим Ваши отзывы на автореферат с заверенными подписями
высылать в двух экземплярах по адресу 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8,
ВГЛТУ, ученому секретарю

Подписано к печати
Формат 60×90 1/16. Объем 1 п.л. Тираж 100 экз. Заказ _____
Отпечатано в УОП ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»
394087, г. Воронеж, ул. Докучаева, 10