

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 674.815

ГЕРМАН
Наталья Александровна

**РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД
В КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕЛЛЕТ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.21.03 – технология и оборудование
химической переработки биомассы дерева; химия древесины

Минск, 2016

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет»

- Научный руководитель** **Соловьёва Тамара Владимировна,**
доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры химической переработки древесины
учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»
- Официальные оппоненты:** **Наумова Галина Васильевна,**
доктор технических наук, профессор, главный
научный сотрудник лаборатории экотехнологий
Государственного научного учреждения «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси»
- Шетько Сергей Васильевич,**
кандидат технических наук, доцент, заведующий
кафедрой технологии и дизайна изделий из древесины учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»
- Оппонирующая организация** Государственное научное учреждение «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси»

Защита состоится «5» мая 2016 г. в 12.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по адресу:

220006, г. Минск, ул. Свердлова 13а, ауд. 240, корп. 4.

Тел.: (017)-327-80-46, факс: (017)-327-62-17

e-mail: zholnerovich@belstu.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Автореферат разослан «4» апреля 2016 г.

Ученый секретарь

совета по защите диссертаций

кандидат технических наук, доцент _____ Н.В. Жолнерович

ВВЕДЕНИЕ

В процессе деревопереработки, лесопиления и лесозаготовок неизбежно образуются древесные отходы разных видов и размеров, которые все еще не находят удовлетворительного практического применения. Вместе с тем рост потребности в лесоматериалах, технический прогресс в области химической и химико-механической переработки древесины, увеличение спроса в древесном топливе обуславливают необходимость интенсифицирования поиска путей их эффективного использования.

В этом направлении особый интерес вызывает получение из мягких древесных отходов гранулированного топлива, изготовленного методом прессования, с получением изделий, называемых пеллетами, разнообразной формы и размеров. Пеллеты являются достойной альтернативой традиционным видам биотоплива – дровам, топливной щепе, торфу и др. Они обладают рядом достоинств: достаточно высокой теплотворной способностью, однородностью гранулометрического состава, являются экологически чистым топливом, технологический процесс их получения сравнительно прост и максимально автоматизирован.

Современная технология получения пеллет основана на использовании в качестве исходного древесного сырья измельченной древесины хвойных пород, из которых самой востребованной является сосна. Она обеспечивает стабильно высокие значения прочностных показателей и теплотворной способности пеллет. Однако ресурсы древесины сосны имеют тенденцию к сокращению в связи с все более расширяющейся областью применения в деревопереработке. Это вызывает необходимость вовлечения в технологический процесс других древесных пород.

Лиственная древесина имеет сравнительно узкую область использования в химической и механической переработке древесины. В то же время мировые запасы лиственной древесины довольно велики, а в Республике Беларусь (по данным УП «Белгослес») они составляют порядка 42% от общего лесного фонда. Поэтому повышенное внимание к лиственным породам древесины в качестве исходного сырья для получения пеллет оправдано.

При рассмотрении древесины как композитного материала на макро- и микроуровнях древесные волокна выполняют функцию наполнителя, а межклеточный комплекс веществ – функцию матрицы. Клеточные стенки также построены аналогично, где наполнителем являются целлюлозные макромолекулы, а матрицей – макромолекулы лигнина, гемицеллюлоз и их лигноуглеводного комплекса. Такая взаимопроникающая система обуславливает прочность дерева. Реакционная способность этой системы все еще мало учитывается в технологических процессах получения продуктов переработки древесины с варьированием показателей их качества. Это в полной мере относится и к такому виду древесного композитного материала, как пеллеты.

В настоящее время объемы производства и потребления пеллет, особенно на бытовом уровне, непрерывно расширяются в мировой и (уже) в отечественной

практике. Однако развитие технологии их получения происходит, в основном, эмпирическим путем, связанным с функционированием установленного оборудования. Свойства древесины как полимерного композита практически не рассматриваются при совершенствовании технологического процесса получения пеллет.

В диссертационной работе выполнен комплекс исследований, позволивший обосновать и показать возможность и эффективность получения пеллет высокого качества из разных пород древесины при рассмотрении их в качестве реакционно-способного композитного материала. На этой основе разработано два приема варьирования свойств, применительно к композиции из хвойной и лиственной древесины: первый – за счет особенностей анатомического строения древесинного вещества разных пород; второй – на основе использования реакционной способности компонентов наполнителя и матрицы.

Эффективность разработанных технологических решений подтверждена результатами опытно-промышленных испытаний в цехе по производству пеллет в г. п. Муляровка с их выпуском объемом 764 т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Тема диссертационной работы соответствует приоритетным направлениям научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. (п. 2.9. Модифицированные химические продукты для нужд различных отраслей народного хозяйства) и 2016–2020 годы (п. 1.4. Возобновляемые источники энергии, местные и вторичные энергоресурсы; п. 3.4. Новые многофункциональные материалы, специальные материалы с заданными свойствами), научному направлению кафедры химической переработки древесины учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Связь работы с крупными научными программами и темами.

Диссертационные исследования проводились в рамках следующих НИР:

– Государственной научно-технической программы, утвержденной приказом Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 13.05.2011г. № 142 «Разработка и внедрение в производство новых методов, средств и технологий воспроизводства, охраны и защиты леса, устойчивого лесопользования и многоцелевого лесопользования, обеспечивающих повышение продуктивности и устойчивости лесов, усиление их ресурсной, социально-экономической и средообразующей роли, рациональное многоцелевое использование лесосырьевых ресурсов, повышение эффективности работы лесного комплекса республики» (ГНТП «Леса Беларуси – продуктивность, устойчивость, эффективное использование») задание 5.7 «Разработать и внедрить энергосберегающую технологию получения топливных пеллет из активированной древесины лиственных пород – ольхи черной, ольхи серой и березы» (БС 11-214, № гос. регистрации 20033812, 2 кв. 2011–4 кв. 2012 гг.).

– Гранта Министерства образования Республики Беларусь «Исследование эффективности упрочняющего действия химических добавок, активирующих древесину в технологии топливных пеллет» (ГБ 14-020, № гос. регистрации 20141081, 02.01.2014 – 31.12.2014).

– Договора о научно-техническом сотрудничестве между учреждением образования «Белорусский государственный технологический университет» и Государственным предприятием «Беларусьторг» на выполнение научно-исследовательской работы по теме «Разработка вариантов реализации использования комбинированного древесного сырья (дровяной древесины, технологической щепы, опилок) для производства древесных топливных гранул (пеллет) на производственной линии филиала Государственного предприятия «Беларусьторг» (г. п. Муляровка)».

Цель и задачи исследования.

Цель работы – разработка рецептурно-технологических решений по эффективному использованию древесины лиственных пород в составе пеллет при рассмотрении их в качестве композитного материала, обладающего комплексом свойств: механических, физических, структурных и топливных.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

– выполнить сравнительные исследования по установлению влияния технологических факторов процесса прессования пеллет (давления, температуры, продолжительности) на показатели их прочности при использовании древесины сосны, ольхи, березы;

– исследовать изменения в древесинном веществе, обуславливающие образование пеллет из хвойных и лиственных пород древесины, происходящие в процессе их получения;

– установить влияние смешанного породного состава на прочностные свойства получаемых пеллет с варьированием содержания сосны, ольхи, березы с целью установления возможности повышения их качества за счет использования различий в анатомическом строении древесинного вещества;

– исследовать влияние дополнительного введения в композицию пеллет связующих веществ белковой природы на показатели их прочности для хвойной и лиственных пород древесины с целью достижения уровня требований отечественного и международного стандартов;

– провести опытно-промышленные испытания разработанных рецептурно-технологических решений по использованию древесины лиственных пород в производстве пеллет.

Научная новизна заключается в рассмотрении пеллет в качестве композитного материала, образующегося под действием высокого давления и температуры, способствующих адгезионному взаимодействию древесных частиц друг с другом и их клеток – древесных волокон, выполняющих функцию наполнителя, и компонентов неупорядоченного межклеточного вещества, выполняющего функцию матрицы, что в совокупности обеспечило образование плотной и проч-

ной структуры пеллет. На этой основе разработано два технологических способа использования древесины лиственных пород: первый – совмещение лиственной древесины с хвойной; второй – дополнительное введение природного связующего в композицию пеллет, в результате которого происходит повышение реакционной способности компонентов древесинного вещества.

Положения, выносимые на защиту.

На защиту выносятся следующие положения:

– установленные экспериментально и оптимизированные параметры прессования пеллет: температура – 120°C, давление – 14 МПа, продолжительность – 12 минут, которые были использованы при проведении последующих исследований с участием отдельных древесных пород и составов пеллет со смешением хвойной и лиственной древесины;

– функциональные закономерности образования пеллет на основе рассмотрения их в качестве композитного материала, исходя из особенностей анатомического строения и реакционной способности компонентов древесины;

– оптимизированный породный состав пеллет на основе смешения древесины хвойной (сосна 35%) и лиственных пород (ольха 45%, береза 20%), обеспечивающий наилучшие значения показателей их прочности: предел прочности при сжатии – 4,5 МПа, предел прочности при изгибе – 4,4 МПа, содержание древесной пыли при истирании – 0,5%.

– обоснование и разработка рецептурных составов пеллет с использованием древесины хвойной и лиственных пород совместно со связующим белковой природы, обусловившие получение пеллет повышенной прочности с достижением уровня требований международного стандарта EN 14961-2;

– результаты опытно-промышленных испытаний разработанных рецептурно-технологических решений по использованию древесины лиственных пород в производстве пеллет.

Личный вклад соискателя состоит: в выполнении поиска, систематизации и анализа патентной и научно-технической литературы по теме диссертации с формулированием цели и задач исследований; в планировании и проведении эксперимента; в обработке, интерпретации и обсуждении полученных результатов; в подготовке публикаций и заявок на изобретения. Соискатель принимала непосредственное участие в опытно-промышленных испытаниях разработанных рецептурно-технологических решений и промышленном внедрении результатов диссертационной работы.

Апробация результатов диссертации. Основные положения работы докладывались на международных научно-технических конференциях: «Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления» (г. Минск, 23–24 ноября 2011 г.); «Композиционные материалы на древесных и других наполнителях» (г. Москва, 20–22 октября 2014 г.); «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии» (г. Минск, 26–28 ноября

2014 г.); «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» (г. Вологда, 2–3 декабря 2014 г.), а также на ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов БГТУ с международным участием (г. Минск, 2012–2015 гг.).

Опубликованность результатов диссертации. По вопросам, относящимся к теме диссертации, опубликовано 15 печатных работ (3,7 авт. листа), в том числе 6 статей в научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК (2,5 авт. листа); 4 материала (1,1 авт. листа) и 3 тезиса докладов международных научно-технических конференций (0,1 авт. листа). Поданы 2 заявки на патент Республики Беларусь № а 20140739 от 30.12.2014 г. и № а 20150570 от 19.11.2015 г.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 7 глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Содержание работы изложено на 105 стр. машинописного текста. Работа содержит 19 рисунков (12 стр.), 33 таблицы (13 стр.), 94 использованных источника (7 стр.) и 7 приложений (32 стр.).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена анализу научно-технической литературы по теме диссертации, который показал, что в настоящее время прослеживается мировая тенденция увеличения объемов производства и потребления альтернативных нефти и газу топливных ресурсов, к числу которых относятся древесные топливные гранулы (пеллеты), уже получившие широкое распространение.

Технология получения, транспортировка, хранение пеллет являются довольно простыми. Процесс сжигания не вызывает существенных трудностей. Топливные свойства вполне удовлетворительны и достаточно близки в различных породах древесины. Основным древесным сырьем для получения пеллет являются хвойные породы, которые становятся все более дефицитными и дорогостоящими. Поэтому внимание в составе диссертационных исследований к лиственным породам древесины в этом качестве вполне оправдано. Однако, простое перенесение режимных параметров и рецептуры, принятых для хвойных пород, не приводит к положительному результату: пеллеты из лиственных пород древесины обладают пониженной прочностью. По этой причине лиственная древесина в промышленном производстве не рассматривается в качестве сырьевого ресурса для получения пеллет. Решению этой проблемы посвящена диссертационная работа, в которой пеллеты рассмотрены с точки зрения композитного материала, исходя из анатомического строения древесинного вещества и роли его основных компонентов в образовании прочности пеллет.

В известных работах отечественных ученых – Купчинова Б.И., Барсукова В.Г., Шаповалова В.М., а также таких исследователей, как Обливин А.Н., Алибеков С.Я., Любов В.К., Deaner M.J., Purpin G. и других, посвященных получению и исследованию материалов с использованием измельченных древесных частиц и синтети-

ческих полимеров, был использован аналогичный подход. Однако он не был распространен на композитные материалы для получения пеллет.

Вторая глава посвящена объектам и методам, использованным при проведении исследований. В качестве сырья была принята измельченная древесина ольхи (*Alnus glutinosa*) и березы (*Betula pendula*), а также традиционно применяемая в производстве пеллет древесина сосны (*Pinus sylvestris*). Показатели влажности, зольности, содержания коры и гнили древесного сырья при получении пеллет соответствовали требованиям ГОСТ 18320. Фракционный состав различных пород древесины включал измельченные частицы, прошедшие через сита с отверстиями размером 3 и 1 мм, массовая доля которых составила более 90%, что соответствовало требованиям промышленного технологического регламента.

В качестве химических реагентов для обработки древесины были приняты: технический альбумин (ГОСТ 8115-73) – связующее белковой природы и хлорид натрия (ГОСТ 4233-77) – реагент, обладающий температурной депрессией.

Выполнение исследований проводилось с использованием современного лабораторного оборудования кафедры химической переработки древесины БГТУ: лабораторного автоматического гидравлического пресса Lab Econ 300 (Голландия), позволяющего смоделировать процесс производства пеллет прессованием, в промышленных условиях пеллеты получали прессованием экструзией; универсальной испытательной машины М 350-5 (Testometric, Великобритания) для определения механической прочности пеллет (предела прочности при сжатии и изгибе), полученных в лабораторных условиях в виде брусков размером 15×8×10 мм; аналитической просеивающей машины HAVER EML 200 digital plus T (Германия) для фракционирования исходного древесного сырья и определения содержания древесной пыли при истирании пеллет и содержания неразрушившихся пеллет в процессе получения (стандартизированных показателей по СТБ 2027 и EN 14961-2 соответственно). Низшую теплоту сгорания пеллет определяли по EN 14918:2009 с использованием изопериболического калориметра С 200 (ИКА, Германия).

Образцы древесного сырья и пеллет были подвергнуты комплексным физико-химическим испытаниям в «Центре физико-химических методов исследования» БГТУ с использованием термогравиметрического и рентгенофазового анализов, ИК-спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии.

Полученные экспериментальные данные были статистически обработаны с расчетом необходимого количества параллельных определений показателей качества пеллет и их относительной ошибки. Оптимизация параметров прессования и породного состава пеллет проводилась на основе реализации планов Коно и Шеффе соответственно. Визуализация полученных моделей осуществлена с использованием функций электронных таблиц MS Excel и программы STATISTICA.

В третьей главе представлены результаты исследований по установлению влияния технологических факторов процесса прессования пеллет, полученных из измельченной древесины индивидуальных пород: сосны, ольхи, березы,

на их прочностные свойства [2, 7, 12]. На рисунках 1–3 приведены зависимости влияния прочностных свойств пеллет от давления, продолжительности и температуры прессования соответственно.

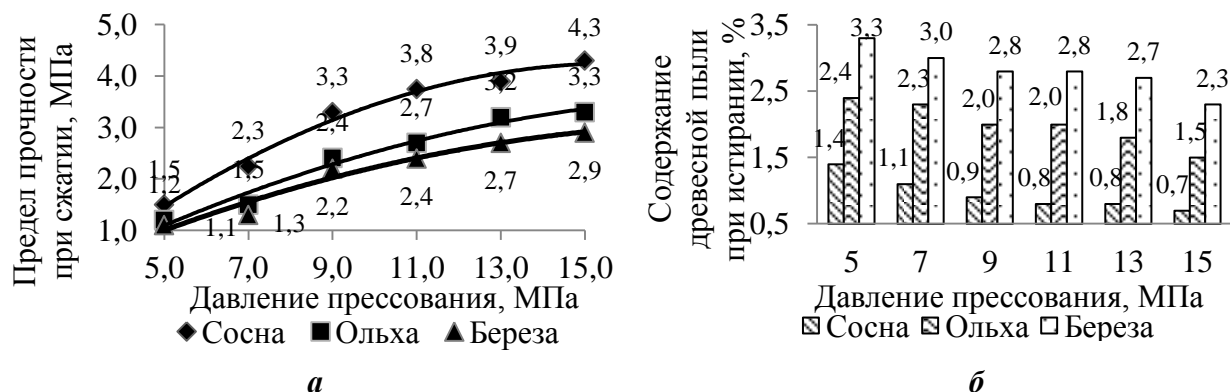


Рисунок 1. – Влияние давления прессования на предел прочности при сжатии (а) и содержание древесной пыли при истирании (б) пеллет

Увеличение давления прессования (рисунок 1) от 5 до 15 МПа закономерно привело к росту показателя прочности при сжатии пеллет для всех древесных пород – от минимального значения 1,1 МПа до максимального 4,3 МПа. При этом достигнутая прочность для древесины сосны значительно выше – на 35–45%, чем для древесины ольхи и березы. Аналогичный характер изменений прочности пеллет наблюдался и по показателю содержания древесной пыли при истирании (специальный стандартизированный СТБ 2027 показатель, характеризующий механическую прочность пеллет): чем выше давление прессования, тем меньше образовалось древесной пыли при истирании, причем формоустойчивость пеллет из сосны в 2,5–3,2 раза выше, чем для пеллет из ольхи и березы.

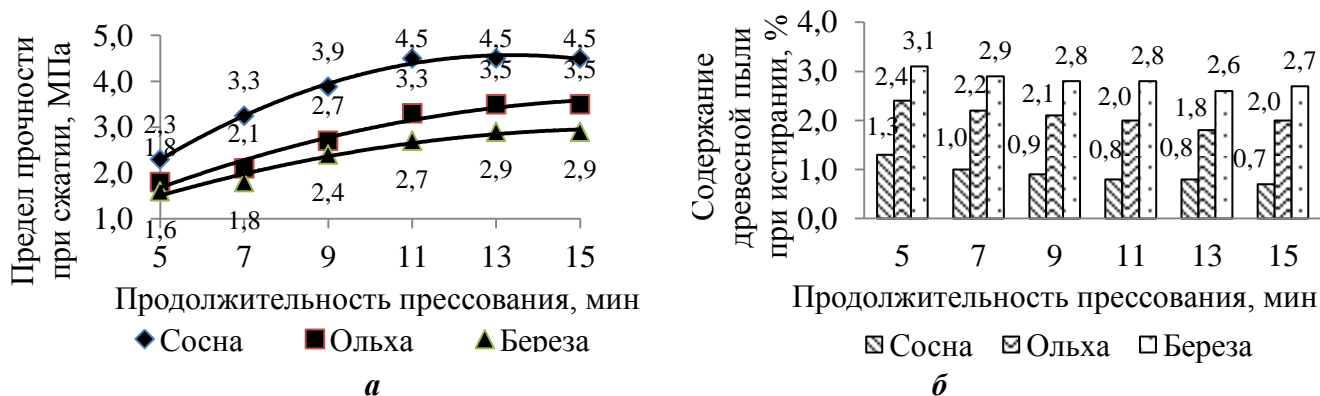


Рисунок 2. – Влияние продолжительности прессования на предел прочности при сжатии (а) и содержание древесной пыли при истирании (б) пеллет

Увеличение продолжительности прессования (рисунок 2) от 5 до 15 мин привело к закономерному повышению значения показателя предела прочности при сжатии пеллет – до 4,5 МПа для древесины сосны, что значительно выше в сравнении с древесиной ольхи (3,5 МПа) и березы (2,9 МПа), и к снижению со-

держания древесной пыли при истирании до 0,7% для древесины сосны и только до 2,0 и 2,7% для древесины ольхи и березы соответственно.

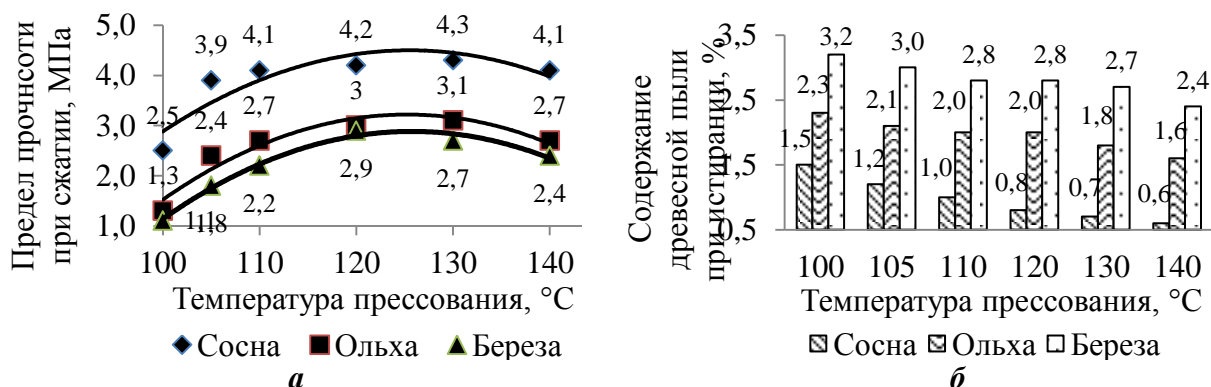


Рисунок 3. – Влияние температуры прессования на предел прочности при сжатии (а) и содержание древесной пыли при истирании (б) пеллет

Из рисунка 3 видно, что температура прессования при изменении ее от 100 до 125°C привела к существенному росту показателя предела прочности при сжатии пеллет – до 4,2, 3,0 и 2,9 МПа, и, как следствие, к уменьшению древесной пыли при истирании пеллет – до 0,8, 2,0, 2,8% для древесины сосны, ольхи и березы соответственно. Однако, начиная с температуры прессования 130°C, произошло снижение показателя прочности на сжатие пеллет, что, вероятнее всего, вызвано уже начинающимися деструктивными процессами в древесине вследствие низкотемпературного пиролиза.

Выполненный далее 3-х факторный эксперимент с использованием плана Коно при совмещенном варьировании каждого из рассмотренных выше технологических факторов прессования пеллет показал, что оптимальной температурой прессования является 120°C, давление – 14 МПа и продолжительность прессования – 12 мин. В таблице 1 представлены полученные результаты.

Таблица 1. – Показатели качества пеллет из индивидуальных пород древесины, полученных при оптимизированных технологических параметрах прессования

Наименование показателя	Требования СТБ 2027			Достигнутые значения показателей для древесины		
	группа 1	группа 2	группа 3	сосны	ольхи	березы
Плотность, г/см ³	1,00–1,40			1,43	1,25	1,21
Механическая прочность:			не бо-			
– содержание древесной пыли при истирании, %	не бо- лее 0,8	не бо- лее 2,3	лее 6,5	0,7	2,0	2,8
– предел прочности при сжатии, МПа	–	–	–	4,7	3,9	3,3
– предел прочности при изгибе, МПа	–	–	–	4,5	3,3	3,0

Из таблицы 1 видно, что показатель содержания древесной пыли при истирании пеллет из древесины сосны, имеет значение не выше 0,8%, которое соответству-

ет требованиям к первой группе качества по СТБ 2027, а из древесины ольхи – 2,0% и древесины березы – 2,8%, которые соответствуют лишь второй группе [2, 8, 9]. Поэтому были продолжены исследования с целью поиска условий для получения прочных пеллет и из лиственных пород древесины. В этих целях был использован прием совмещения хвойной и лиственной древесины.

Четвертая глава включает результаты проведенных исследований по получению пеллет из древесных композиций, составленных на основе трех пород – сосны, ольхи, березы. С этой целью использовалось симплекс-решетчатое планирование эксперимента по плану Шеффе с построением диаграмм состав-свойство. Процесс получения пеллет проводили при установленных оптимальных технологических параметрах прессования (глава 3). На рисунках 4–6 представлены результаты исследований влияния породного состава древесины на такие показатели качества пеллет, как предел прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$), предел прочности при изгибе ($\sigma_{изг}$), содержание древесной пыли при истирании пеллет.

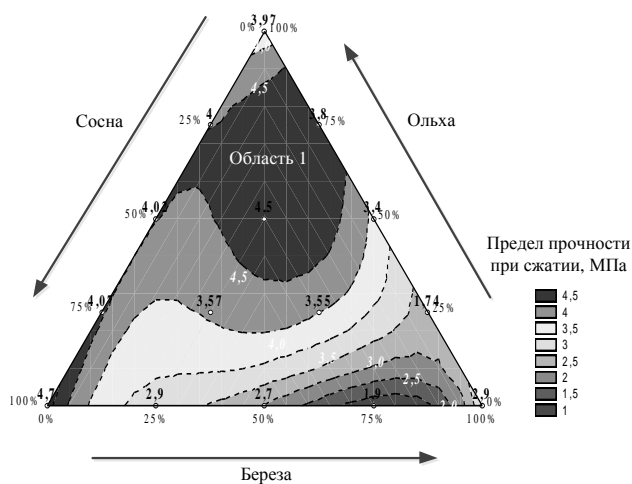


Рисунок 4. – Влияние породного состава древесины на предел прочности при сжатии пеллет

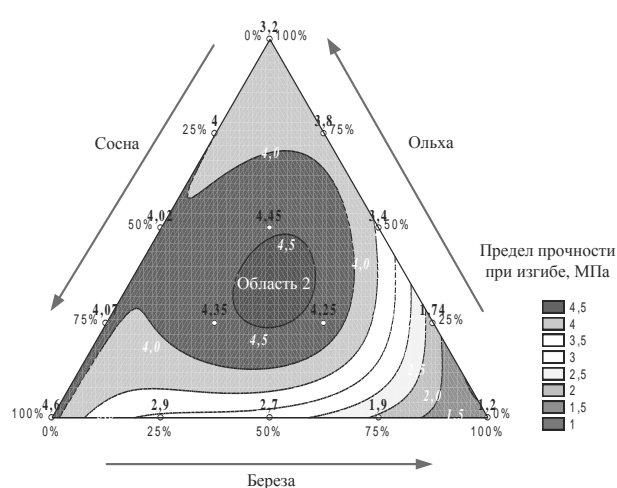


Рисунок 5. – Влияние породного состава древесины на предел прочности при изгибе пеллет

Анализ поверхности отклика для показателя $\sigma_{сж}$ *Область 1* (рисунок 4), заключенная между изолиниями, показывает, что наиболее высокое значение предела прочности при сжатии пеллет составляет 4,5 МПа и это достигается при следующих массовых долях древесных пород в их составе: сосны от 25 до 45%, ольхи от 60 до 90%, березы от 25 до 35%.

Из рисунка 5 видно, что наилучшее значение показателя $\sigma_{изг}$ также составляет 4,5 МПа, которое достигается в *Области 2* при относительно равных диапазонах содержания древесины сосны – 20–45%, ольхи – 25–50% и березы – 25–45%.

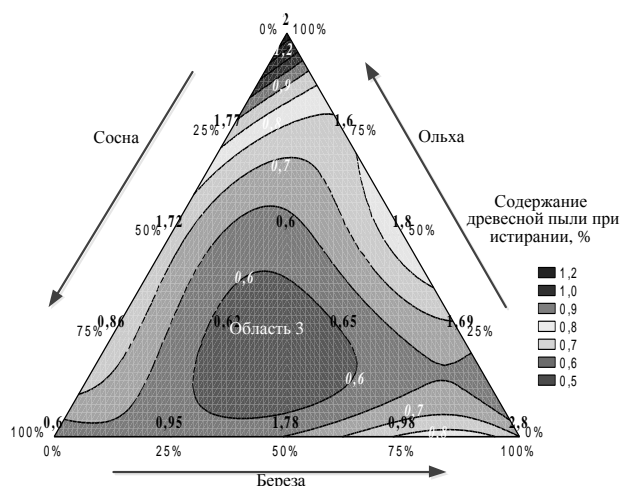


Рисунок 6. – Влияние породного состава древесины на содержание древесной пыли при истирании пеллет

Минимальное содержание древесной пыли при истирании пеллет *Область 3* – 0,6% (рисунок 6), образуется в том случае, если их состав варьирует в следующих пределах: содержание древесины сосны от 25 до 50%, ольхи – от 20 до 50% и березы – от 20 до 45%.

На основании анализа представленных диаграмм «состав – свойство» составлена таблица 2, включающая обобщенные данные по сравнению значений прочностных показателей пеллет, полученных в областях их максимальных величин в сравнении с индивидуальными породами древесины – сосны, ольхи и березы.

Таблица 2. – Показатели прочностных свойств пеллет в зависимости от породного состава древесины

Порода древесины	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Содержание древесной пыли при истирании, %
Сосна (<i>Pinus sylvestris</i>)	4,7	4,6	0,7
Ольха (<i>Alnus glutinosa</i>)	3,9	3,2	2,0
Береза (<i>Betula pendula</i>)	2,9	1,2	2,8
Композиция из этих трех пород в пределах	области 1 (рис. 4)	области 2 (рис. 5)	области 3 (рис. 6)
	4,5	4,5	0,6

Из данных таблицы 2 следует, что композиционные составы пеллет, включающие все три древесные породы (*Области 1–3* на диаграммах), обеспечивают достижение высоких значений их прочности, которые превосходят для индивидуальных пород древесины – ольхи и березы, и сопоставимы с достигнутыми для традиционно использованной древесины сосны.

Полученные результаты симплекс-решетчатого планирования проведенного эксперимента позволили с помощью решения компромиссной задачи оптимизации установить соотношение древесных пород в составе пеллет, обеспечивающее наилучшие значения их показателей прочности: предел прочности при сжатии – 4,5 МПа, предел прочности при изгибе – 4,4 МПа, содержания древесной пыли при истирании – 0,5%. Такие показатели качества пеллет достигаются при содержании в их композиции древесины сосны 35%, ольхи 45%, березы 20%. При этом пеллеты, полученные из оптимизированного породного состава, имели достаточно высокую теплотворную способность – 17,8 МДж/кг [4, 6, 9].

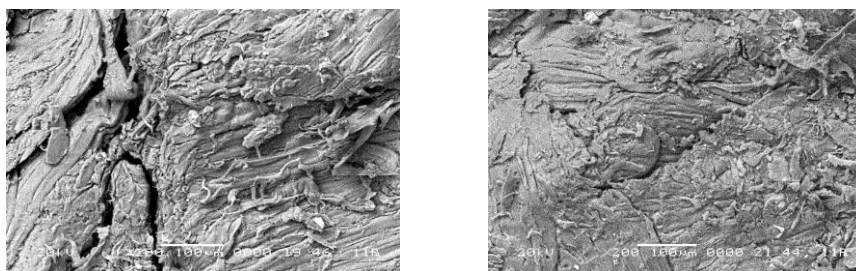
Пятая глава посвящена поиску доказательств повышенной прочности пеллет из хвойной древесины по сравнению с лиственной. При этом принимались во внимание, прежде всего, различия в анатомическом строении, связанные с гео-

метрическими размерами структурных элементов лиственных и хвойных древесных пород и различия в реакционной способности их основных компонентов [1, 8, 11].

При взаимодействии измельченной древесины хвойных и лиственных пород в процессе прессования пеллетного композита при сравнительно высоких параметрах давления и температуры у образующегося продукта волокна трахеид (длинные и прочные) способны выполнять функцию, свойственную традиционному наполнителю, а волокна либриформа (короткие и тонкостенные) – функцию матрицы. Между ними должно происходить адгезионное взаимодействие, участвующее в образовании прочности пеллет. В хвойных породах древесины содержится большое количество именно трахеид, а в лиственной древесине превалирует либриформ. Именно по этой причине пеллеты из хвойной древесины могут быть прочнее, чем из лиственной.

Применительно ко второму подходу принимаем во внимание, что содержание основных компонентов древесины в хвойных и лиственных породах различается. Известно, что клеточные стенки древесины построены главным образом из целлюлозных макромолекул, которые «упакованы» в фибриллы волокон с чередованием упорядоченных участков, в которых макромолекулы расположены параллельно друг другу и соединены водородными связями, и участков, где этот порядок отсутствует, но реакционная способность повышена. В древесине хвойных пород целлюлозы и весьма лабильного лигнина значительно больше, чем в древесине лиственных пород, что также не может не отразиться на прочности пеллет.

С помощью рентгенофазового анализа образцов исходного древесного сырья и пеллет определено установлено, что в процессе их прессования степень упорядоченности при упаковке макромолекул возрастает, и это иллюстрирует большая сомкнутость поверхности пеллет (рисунок 7). При этом повышается степень псевдокристалличности целлюлозы, которая для древесины сосны стала выше, чем для ольхи и березы (56,5% для сосны 53,0% для ольхи, 54,5% для березы).



увеличение в 200 раз

a

б

a – исходное древесное сырье; *б* – пеллеты

Рисунок 7. – Микрофотографии поверхности исходного древесного сырья и пеллет полученных из древесины сосны

Подтверждением уплотнения структуры древесной композиции в пеллетах служат результаты термогравиметрического анализа с расчетом величин энергии активации термической деструкции (E_d) (по методу Бройдо в модификации Н.Р. Про-

копчука) при сравнении образцов исходного древесного сырья и пеллет. E_d для древесины сосны в пеллетах возрасла от 88,9 до 90,2 кДж/моль, для древесины ольхи – от 88,2 до 94,0 кДж/моль, для древесины березы – от 96,2 до 109,2 кДж/моль. (Более высокие значения E_d исходного сырья и пеллет, полученных из древесины березы, обусловлены ее традиционно повышенной плотностью – 650 кг/м³ в сравнении с древесиной сосны и ольхи – 520 и 550 кг/м³ соответственно).

О химических изменениях компонентов древесины в процессе прессования с получением пеллет свидетельствуют результаты проведенных исследований образцов с привлечением метода ИК-спектроскопии (таблица 3).

Таблица 3. – Величины интегральной интенсивности полос поглощения в области ИК-спектров образцов исходного древесного сырья и пеллет

Область ИК-спектра, см ⁻¹	Интегральная интенсивность поглощения для породы древесины и пеллет					
	Сосна		Ольха		Береза	
	исходное сырье	пеллеты	исходное сырье	пеллеты	исходное сырье	пеллеты
3700–3000 (ОН-группы)	10597	13138	7346	12066	6139	11063
1700–1500 (СО- и СООН-группы)	2791	2044	2995	1777	2596	1389

Из таблицы 3 видно, что интегральная интенсивность полос поглощения в области, присущей ОН-группам, в том числе включенным в водородную связь, у образцов пеллет больше, чем у исходной древесины, и это характерно для всех пород, что указывает на факт образования новых водородных связей, которые, несомненно, упрочняют пеллеты. Интенсивность поглощения СО- и СООН-группами наоборот, в пеллетах меньше, чем в древесине, и это может указывать на их участие в образовании простых и сложноэфирных связей. Однако, разница между величинами интенсивности поглощения в названных областях для пеллет и исходного сырья из лиственной древесины выше, чем для хвойной, что свидетельствует в пользу ее большей реакционной способности. Эта последняя информация подтверждает правомерность отнесения функции матрицы к лиственным породам древесины, а наполнителя – к хвойным.

Таким образом, по нашему мнению, повышенная прочность пеллет из хвойной древесины по сравнению с прочностью пеллет из лиственной древесины является результатом комплекса явлений.

В шестой главе представлены результаты исследований по получению пеллет с повышенной механической прочностью за счет дополнительного введения в сырьевую древесную композицию химического реагента – альбумина – известной упрочняющей добавки в древесноплитном производстве. На рисунке 8 представлены результаты по влиянию его расхода на предел прочности пеллет при сжатии $\sigma_{сж}$ (8а) и изгибе $\sigma_{изг}$ (8б) для индивидуальных древесных пород – сосны, ольхи и березы,

а также для их комбинированного оптимизированного породного состава с массовой долей: сосны 35%, ольхи 45%, березы 20% (глава 4) [3, 5].

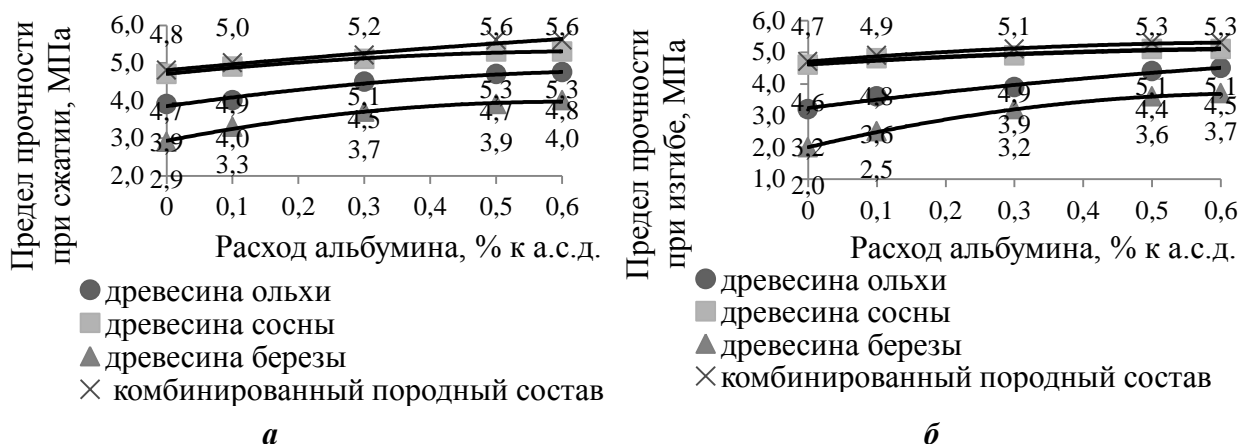


Рисунок 8. – Влияние расхода альбумина на предел прочности пеллет при сжатии (а) и изгибе (б)

Из рисунка 8 видно, что с увеличением расхода альбумина в диапазоне 0,1–0,6% происходит закономерное повышение того и другого показателя. При этом для индивидуальных лиственных пород древесины эти значения сопоставимы с прочностью пеллет, полученных из древесины сосны без ее химической обработки [10, 13].

На рисунке 9 показаны результаты определения стандартизированных показателей механической прочности пеллет: по содержанию древесной пыли при их истирании и неразрушившихся пеллет в процессе получения.

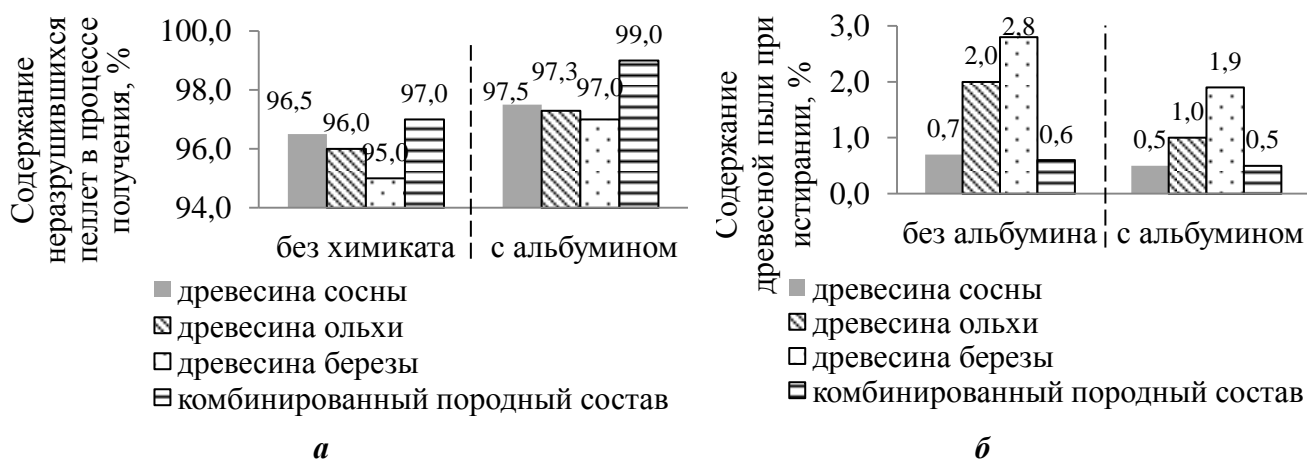


Рисунок 9. – Влияние альбумина на механическую прочность пеллет по показателю содержания неразрушившихся пеллет в процессе получения (а) и содержания древесной пыли при их истирании (б)

Как видно из рисунка 9 оба показателя с добавкой альбумина в композицию пеллет в наибольшей степени возросли для комбинированного породного состава и стали соответствовать требованиям европейского стандарта EN 14961-2 – механическая прочность в процессе получения пеллет 99,0% (по стандарту не менее 97,5%) и содержание древесной пыли при истирании пеллет 0,5% (по стандарту не более 0,5%).

Эффективность упрочняющего действия альбумина, по нашему мнению, обусловлена его химическим взаимодействием с компонентами древесины в процессе прессования пеллет. Известно, что альбумин является природным белковым продуктом – высокомолекулярным соединением, состоящим из остатков α -аминокислот, соединенных друг с другом пептидными связями, которые образуют длинные полипептидные цепи (рисунок 10).



где R, R', R'', R''' – остатки аминокислот (глутаминовая кислота, аспарагин, лейцин, изолейцин и др.)

Рисунок 10. – Фрагмент макромолекулы альбумина

При сравнительно высоких параметрах температуры и давления на стадии прессования – основной в технологии получения пеллет, карбонильные, карбоксильные, аминные и амидные функциональные группы альбумина вступают в реакции этерификации с участием гидроксильных групп (например, весьма реакционноспособного лигнина), а также в реакции образования новых водородных связей между двумя электроотрицательными атомами, в качестве которых наряду с кислородом выступает и азот. В этом взаимодействии определенный вклад в образование прочности пеллет привносит целлюлоза, имеющая большое количество свободных гидроксильных групп в своих неупорядоченных участках. Тенденция увеличения интенсивности ИК-поглощения в области $1610\text{--}1660\text{ см}^{-1}$ с максимумом при 1655 см^{-1} для образцов пеллет, полученных из индивидуальных пород древесины и их комбинированного состава с содержанием альбумина, по сравнению с аналогичными, но без этой добавки, указывает на его связывание в древесном комплексе; значительное снижение интегральной интенсивности поглощения в частотной области $3000\text{--}3700\text{ см}^{-1}$ может быть результатом вступления гидроксильных групп во взаимодействия того и другого рода, а снижение значений энергии активации, рассчитанной по данным термогравиметрического анализа тех же образцов (представлены в диссертации) позволяет высказать заключение в пользу образования водородных связей в пеллетах с участием азота, который является менее электроотрицательным, чем кислород.

В седьмой главе представлены результаты опытно-промышленных испытаний разработанных рецептурно-технологических решений по получению композитного материала в цехе по производству пеллет в г. п. Муляровка с использованием древесины лиственных пород.

По технологии, включающей частичную замену – 30% древесины сосны на исследованную лиственную древесину в композиции пеллет, был осуществлен выпуск

их опытно-промышленной партии объемом 613,6 т. По этой же технологии, но с дополнительным введением в древесную композицию водного раствора альбумина с расходом 0,5% к а. с. д. был осуществлен и второй выпуск опытно-промышленной партии пеллет объемом 51 т. Полученные по разработанным технологиям пеллеты по всем показателям качества достигли требований СТБ 2027 и EN 14961-2 [14]. Результаты опытно-промышленных испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Показатели качества пеллет, полученных в промышленных условиях

Наименование показателя	Требования СТБ 2027 (группа 1)	Требования EN 14961-2 (класс A1)	Образцы пеллет		
			до выпуска опытной партии	с заменой 30% хвойной древесины на лиственную	с заменой 30% хвойной древесины на лиственную и дополнительно введенным альбумином
Влажность, %	не более 10	не более 12	6,1	6,7	6,5
Зольность, %	не более 0,7	не более 1,5	0,4	0,5	0,5
Плотность, кг/м ³	1200±200		1275	1290	1295
Насыпная плотность, кг/м ³	650±150		600	650	650
Механическая прочность: – содержание древесной пыли при истирании, %	не более 0,8	не более 1,0	1,8	0,7	0,5
– содержание неразрушившихся пеллет в процессе получения, %	не нормируется	не менее 97,5	96,5	97,0	99,0
Низшая теплота сгорания (теплотворная способность), МДж/кг	не менее 17,5		17,5	17,5	17,6

В рамках диссертации были проведены дополнительные исследования, направленные на установление возможности эффективного использования древесного сырья с повышенной влажностью, результаты которого представлены ниже.

В настоящее время в современных технологических процессах получения пеллет всегда функционирует операция сушки исходной измельченной древесины до остаточной влажности 6–10% (чаще всего 6–8%), так как повышенное содержание влаги в пеллетах под действием парообразования приводит к снижению их прочности. При этом сушка древесных частиц является довольно энергоемкой, и это значительно отражается на повышении себестоимости пеллет.

Проведенные нами совместно с работниками предприятия исследования и промышленные испытания показали, что введение в композицию пеллет хлорида натрия, обладающего высокой температурной депрессией, предотвращает вскипание влаги в процессе прессования пеллет и позволяет использовать древесное сырье с повышенной влажностью. Расхода хлорида натрия (в виде техниче-

ского продукта, а также в виде отхода от калийного производства – галита) в количестве 0,3% к а.с.д. оказалось достаточным для получения высококачественных пеллет из исходной измельченной древесины с влажностью от 15 до 18% [15].

Рассчитанный ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения разработанных рецептурно-технологических решений на названном предприятии при планируемом годовом объеме производства пеллет 7000 т составляет 720 млн. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Установлено влияние технологических факторов процесса прессования пеллет в лабораторных условиях и оптимизированы его параметры: температура – 120°C, давление – 14 МПа, продолжительность – 12 минут с достижением высокой прочности пеллет, полученных из сосны, которые были использованы при проведении всех последующих исследований с участием древесины сосны, ольхи, березы [2, 7, 12].

2. Найдены функциональные закономерности изменений в исходном древесном сырье в процессе получения пеллет, которые обусловили уплотнение структуры древесной композиции, увеличение вследствие этого степени псевдокристалличности в древесинном веществе, повышение значений энергии активации термической деструкции каждой из древесных пород, взаимодействие реакционноспособных группировок компонентов древесины с образованием эфирных и водородных связей, что в совокупности вызвало упрочнение пеллет. Изменения в хвойной древесине проявились в большей степени, чем в лиственной, что и обеспечило повышенную прочность хвойных пеллет [1, 4, 8, 11].

3. Показана эффективность составления смешанных древесных композиций из хвойной и лиственных пород древесины с получением пеллет повышенной прочности, которая была достигнута при их оптимальном породном соотношении 35 и 65% соответственно. Значения показателей составили: содержание древесной пыли при истирании 0,5%, предел прочности при сжатии 4,5 МПа, предел прочности при изгибе 4,4 МПа, теплотворная способность пеллет 17,8 МДж, что полностью соответствует требованиям отечественного стандарта СТБ 2027. Достигнутый результат подтвердил правомерность отнесения пеллет к классу композитных материалов [4, 6, 9].

4. Результатом дополнительного введения в композицию пеллет упрочняющей добавки – альбуминового клея явилось достижение ими требований Европейского стандарта EN 14961-2 по содержанию неразрушившихся пеллет в процессе получения с сохранением высокого уровня других показателей. Результат достигнут за счет химического взаимодействия компонентов древесины с альбумином по функциональным группам и образования водородных связей с участием не только атома кислорода, но и азота [3, 5, 10, 13].

5. Положительные опытно-промышленные испытания разработанных рецептурно-технологических решений по использованию древесины лиственных пород в технологии пеллет, проведенных в цехе по их производству в г. п. Муляровка, позволяют сделать заключение о возможности широкого распространения результатов диссертационных исследований.

Рекомендации к практическому использованию

Апробированные в цехе по производству пеллет в г. п. Муляровка разработанные в составе диссертационных исследований рецептурно-технологические решения по замене части хвойной древесины на лиственную в условиях дозированного смешивания пород и дополнительного введения альбумина в их композицию показали реальную возможность промышленного использования этих приемов в целях повышения качества пеллет вплоть до достижения требований международного стандарта. Это позволяет высказать рекомендации к их широкому применению в промышленном масштабе без существенных затрат и с использованием действующего оборудования.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Статьи

1. Дубоделова, Е.В. Особенности технологии топливных пеллет из древесины лиственных пород / Е.В. Дубоделова, Н.А. Сычева, И.А. Хмызов, Т.А. Снопкова, Т.В. Соловьева // Труды БГТУ. – 2012. – №4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – С. 166–168.
2. Сычева, Н.А. Влияние композиционного состава топливных пеллет на их показатели качества / Н.А. Сычева, И.А. Хмызов, Т.А. Т.В. Соловьева // Труды БГТУ. – 2013. – №4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – С. 182–184.
3. Нощик, Д.О. Модификация древесины клеевыми соединениями в производстве топливных пеллет / Д.О. Нощик, Н.А. Сычева, И.А. Хмызов, С.И. Шпак, Т.В. Соловьева // Труды БГТУ. – 2014. – №4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – С. 152–154.
4. Сычева, Н.А. Влияние породного состава древесины на показатели качества пеллет / Н.А. Сычева, И.А. Хмызов, Т.В. Соловьева // Материалы, технологии, инструменты. – 2015. – Т. 20. – №2. – С. 70–74.
5. Сычева, Н.А. Разработка технологии модификации древесного сырья в производстве твердого биотоплива / Н.А. Сычева, И.А. Хмызов, А.В. Молчан, Т.А. Белодед, Т.В. Соловьева // Труды БГТУ. – 2015. – №4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – С. 175–178.
6. Сычева, Н.А. Влияние режима гранулирования и состава топливных пеллет на их прочностные свойства / Н.А. Сычева, И.А. Хмызов, Т.В. Соловьева // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2016. – Т. 20. №2. – С. 81–87.

Материалы конференций

7. Дубоделова, Е.В. Использование отходов древесины лиственных пород в виде топливных пеллет / Е.В. Дубоделова, Н.А. Сычева, Т.В. Соловьева // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: материалы докла-

дов Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 23–24 ноября 2011 г. – Минск: БГТУ, 2011. – С. 148–151.

8. Сычева, Н.А. Технология производства топливных древесных гранул / Н.А. Сычёва, Е.В. Дубоделова, Т.В. Соловьёва // Научные стремления – 2011: материалы Междунар. науч.-практич. конф. молодых ученых, Минск, 14–18 ноября 2011 г. – Минск: Белорусская наука, 2011. – Т. 1 – С. 707–711.

9. Сычева, Н.А. Древесина лиственных пород – полноценное сырье для получения биотоплива / Н.А. Сычева, А.Н. Александрова, П.И. Письменский // Научные стремления – 2012: материалы III Междунар. науч.-практич. конф. молодых ученых, Минск, 6–9 ноября 2012 г. – Минск: Белорусская наука, 2012. – Т. 1. – С. 206–210.

10. Сычева, Н.А. Активирование древесины лиственных пород в технологии топливных пеллет / Н.А. Сычева, А.Н. Александрова, Д.О. Нощик, И.А. Хмызов, Т.В. Соловьёва // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Вологда, 4 декабря 2013 г. – г. Вологда: ВГУ, 2013. – С. 104–106.

Тезисы докладов

11. Сычева, Н.А. Использование древесины лиственных пород в технологии топливных пеллет / Н.А. Сычева, И.А. Хмызов, Т.В. Соловьёва // Тезисы докладов 65-й всероссийской науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов ВУЗов с международным участием, Ярославль, 28 апреля 2012 г. – Ярославль: ЯГТУ, 2012. – Ч. 1. – С. 140.

12. Сычева, Н.А. Wood Waste in Production of Fuel Pellets / Н.А. Сычева, Т.В. Соловьёва, А.В. Посох // Тезисы докладов 5-й науч.-практич. конф. студентов, магистрантов и аспирантов факультета ТОВ, Минск, 7–8 декабря 2011 г. – Минск: БГТУ, 2012. – С. 34.

13. Нощик, Д.О. Модификация древесного наполнителя клеевыми соединениями на основе белков в производстве топливных пеллет / Д.О. Нощик, Н.А. Сычева, И.А. Хмызов, С.И. Шпак, Т.В. Соловьёва // Тезисы докладов 78-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск 3–13 февраля 2014 г. / БГТУ; редкол.: И.М. Жарский [и др.]. – Мн., 2014 – С. 16

Заявки на выдачу патента Республики Беларусь

14. Способ получения формованного твердого биотоплива: заявка на пат. Респ. Беларусь / Н.А. Сычева, И.А. Хмызов, А.В. Молчан, Т.В. Соловьёва. – № а 20140739; заявитель учреждение образования «Бел. гос. технолог. ун-т»; заявл. 30.12.2014 г.

15. Способ получения древесного композитного топлива: заявка на пат. Респ. Беларусь / Т.В. Соловьёва, И.А. Хмызов, Н.А. Сычева, А.В. Молчан, С.В. Калитько. – № а 20150570 заявитель учреждение образования «Бел. гос. технолог. ун-т»; заявл. 19.11.2015 г.

РЕЗЮМЕ

Герман Наталия Александровна

Рецептурно-технологические решения по эффективному использованию древесины лиственных пород в композитных материалах для получения пеллет

Ключевые слова: пеллеты, композитный материал, древесина лиственных пород, древесина сосны, механическая прочность, химическая обработка.

Объект исследований: технологический процесс получения композитного материала в виде пеллет.

Предмет исследований: композитный материал в виде пеллет из древесины сосны, ольхи, березы и смешанных породных составов на их основе.

Цель работы: разработка рецептурно-технологических решений по эффективному использованию древесины лиственных пород в составе пеллет при рассмотрении их в качестве композитного материала, обладающего комплексом свойств: механических, физических, структурных и топливных.

Методы исследования: технологическое моделирование процесса получения пеллет; современное и высокоточное оборудование для определения стандартизированных физико-механических показателей качества пеллет; результаты исследований оценивали с использованием методов термогравиметрического и рентгенофазового анализов, ИК- и сканирующей электронной микроскопии исходной древесины и полученных из нее пеллет.

Научная новизна полученных результатов заключается в рассмотрении пеллет в качестве композитного материала, образующегося под действием высокого давления и температуры, способствующих адгезионному взаимодействию древесных частиц друг с другом и их клеток – древесных волокон, выполняющих функцию наполнителя, и компонентов неупорядоченного межклеточного вещества, выполняющего функцию матрицы, что в совокупности обеспечило образование плотной и прочной структуры пеллет. На этой основе разработано два технологических способа использования древесины лиственных пород: первый – совмещение лиственной древесины с хвойной; второй – дополнительное введение природного связующего в композицию пеллет, в результате которого происходит повышение реакционной способности компонентов древесинного вещества.

Степень использования: разработанные рецептурно-технологические решения по частичной замене древесины сосны на лиственную древесину и с использованием химических добавок апробированы в промышленных условиях цеха по производству пеллет в г.п. Муляровка и приняты к внедрению с ожидаемым годовым экономическим эффектом применительно к выпуску 7000 т пеллет порядка 720 млн. рублей.

Область применения: разработанные рецептурно-технологические решения по получению пеллет, содержащих лиственную древесину, могут использоваться на любых предприятиях, выпускающих древесные топливные материалы.

РЭЗІЮМЭ

Герман Наталля Аляксандраўна

Рэцэптурна-тэхналагічныя рашэнні па эфектыўнаму выкарыстанню драўніны лісцяных парод у кампазітных матэрыялах для атрымання пялет

Ключавыя словы: пялеты, кампазітны матэрыял, драўніна лісцяных парод, драўніна хвой, механічная трываласць, хімічная апрацоўка.

Аб'ект даследаванняў: тэхналагічны працэс атрымання кампазітнага матэрыялу ў выглядзе пялет.

Прадмет даследаванняў: кампазітны матэрыял у выглядзе пялет з драўніны хвой, алешыны, бярозы і змешаных пародных саставаў на іх аснове.

Мэта працы: распрацоўка рэцэптурна-тэхналагічных рашэнняў па эфектыўнаму выкарыстанню драўніны лісцяных парод у саставе пялет пры разглядзе іх у якасці кампазітнага матэрыялу, які валодае комплексам уласцівасцяў: механічных, фізічных, структурных і паліўных.

Метады даследавання: тэхналагічнае мадэляванне працэсу атрымання пялет; сучаснае і высокадакладнае абсталяванне для вызначэння стандартызаваных фізіка-механічных паказчыкаў якасці пялет; вынікі даследаванняў ацэньвалі з выкарыстаннем метадаў тэрмагравіметрычнага і рэнтгенафазавага аналізаў, ІЧ- і сканіруючай электроннай мікраскапіі зыходнай драўніны і атрыманых з яе пялет.

Навуковая навізна атрыманых вынікаў заключаецца ў разглядзе пялет у якасці кампазітнага матэрыялу, які ўтвараецца пад дзеяннем высокага ціску і тэмпературы, якія спрыяюць адгезійнаму ўзаемадзеянню драўняных часцінак адна з адной і іх клетак – драўняных валокнаў, якія выконваюць функцыю напаўняльніка, і кампанентаў неўпарадкаванага міжклеткавага рэчыва, якое выконвае функцыю матрыцы, што ў сукупнасці забяспечыла атрыманне шчыльнай і трывалай структуры пялет. На гэтай аснове распрацаваны два тэхналагічныя спосабы выкарыстання драўніны лісцяных парод: першы – сумяшчэнне лісцяной драўніны з хвойнай; другі – дадатковае ўвядзенне прыроднага сувязнага ў кампазіцыю пялет, у выніку якога адбываецца павышэнне рэакцыйнай здольнасці кампанентаў драўніннага рэчыва.

Ступень выкарыстання: распрацаваныя рэцэптурна-тэхналагічныя рашэнні па частковай замене драўніны хвой на лісцяную драўніну і з выкарыстаннем хімічных дабавак апрабаваны ў прамысловых умовах цэха па вытворчасці пялет у г. п. Муляраўка і прыняты да ўкаранення з чаканым гадавым эканамічным эфектам у дачыненні да выпуску 7000 т пялет каля 720 млн. рублёў.

Вобласць прымянення: распрацаваныя рэцэптурна-тэхналагічныя рашэнні па атрыманні пялет, якія змяшчаюць лісцяную драўніну, могуць выкарыстоўвацца на любых прадпрыемствах, якія выпускаюць драўняныя паліўныя матэрыялы.

SUMMARY

Natallia Herman

Prescription and technological solutions for the efficient use of hardwood in composite materials for pellets

Keywords: pellets, composite material, hardwood, pine wood, mechanical strength, chemical treatment.

The object of research: process for producing a composite material in the form of pellets.

The subject of research: composite material in the form of pellets from pine, alder, birch and mixed breed compositions based on them.

The aim is development of formulation and technological solutions for the efficient use of hardwood in the composition of the pellets when considering them as a composite material having a combination of properties: mechanical, physical, structural and fuel.

Research methods: technological modeling the process of obtaining pellets; modern and highprecision equipment for the determination of a standardized physical and mechanical properties of pellets quality; results of research were evaluated using the methods of X-ray and thermogravimetric analyzes, IR and scanning electron microscopy of the original timber and the pellet obtained therefrom.

Scientific novelty of the obtained results consists in considering the pellets as a composite material formed under high pressure and temperature to facilitate adhesive interaction of wood particles with each other and their cells – the wood fibers, carrying the filler function and components disordered intercellular substance performing matrix function that combined to produce the formation of a dense and durable pellet structure. On this basis, developed two ways to use the technological hardwood: the first – the combination of hardwood to softwood; the second – the additional introduction of natural binder in the pellet composition, which results in increase in reactivity of the components of wood substance.

The degree of use: developed prescription and technological solutions for the partial replacement of pine wood on the hardwood timber and the use of chemical additives have been tested in the plant for the production of pellets in the town industrial environments Muliarovka and accepted for implementation with an expected annual economic effect in relation to the production of 7000 tons of pellets about 720 million rubles.

Field of application: developed prescription and technological solutions for the production of pellets, containing hardwood can be used on all enterprises producing wood fuels.

Научное издание

Герман Наталия Александровна

**РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД
В КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕЛЛЕТ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.21.03 – технология и оборудование
химической переработки биомассы дерева; химия древесины

Ответственный за выпуск Н.А. Герман

Подписано в печать 04.04.2016. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 60 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.