

В Диссертационный совет 24.2.385.02
при федеральном государственном
бюджетном образовательном учреждении
высшего образования
«Санкт-Петербургский
государственный университет
промышленных технологий и дизайна»

Отзыв

официального оппонента д.т.н., проф. Просвирникова Дмитрия Богдановича на диссертацию **Албаррам Фатымы** на тему: **«Совершенствование технологии бумаги из смеси первичного и вторичного волокна»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства»

1.Актуальность темы диссертационного исследования.

Целлюлозно-бумажная промышленность относится к числу материалоёмких отраслей, где качество бумаги и картона определяется природой волокнистого сырья, условиями его химической обработки и способностью волокон формировать прочную структуру листа. Известно, что прочность бумаги зависит не только от длины волокна, но и от его гибкости, степени фибрилляции, набухания и межволоконного связывания.

Особенно это актуально для тароупаковочных видов бумаги, где широко применяется макулатурное волокно. При повторной переработке оно теряет часть бумагообразующего потенциала: снижается способность к набуханию, ухудшается фибрилляция и уменьшается прочность межволоконных контактов. Поэтому введение доступных первичных волокнистых полуфабрикатов, способных повысить сопротивление разрыву, продавливанию и сжатию, является важной технологической задачей.

С ресурсной точки зрения перспективным является использование лесосечных отходов — ветвей, сучьев и вершинной части деревьев. Ветви осины нельзя рассматривать как простой аналог стволовой древесины меньшего диаметра. Они отличаются плотностью, анатомическим строением, долей коры, содержанием лигнина, экстрактивных и минеральных веществ. Поэтому требуется специальная оценка их пригодности для сульфатной варки, получения целлюлозы высокого выхода и последующего использования в композиции с вторичным волокном.

Согласно общепринятой классификации, целлюлоза высокого выхода имеет выход порядка 50–60 %, что технологически целесообразно для

тароупаковочных материалов, где важны не только степень делигнификации лигноцеллюлозного сырья при сохранении гемицеллюлоз, но и способность полученных волокон образовывать связи, формируя жёсткость бумажного полотна. В этом отношении исследование целлюлозы, выделенной сульфатным способом из ветвей осины, является логичным развитием направления ресурсосбережения и комплексного использования древесной биомассы.

В связи с этим диссертационная работа Албаррам Фатымы, посвящённая получению сульфатной целлюлозы высокого выхода из ветвей осины и её применению в композиции с макулатурой, является актуальной и своевременной.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов.

Новизна научных данных и рекомендаций автора не вызывает сомнений, поскольку полученные результаты развивают представления о связи морфологии волокна, условий получения целлюлозного полуфабриката и физико-механических свойств бумаги из смеси первичного и вторичного волокна.

Так, установлена возможность получения сульфатной целлюлозы высокого выхода из древесины ветвей осины с общим выходом около 60 % и числом Каппа порядка 52–54, что соответствует области жёстких небелёных полуфабрикатов тароупаковочного назначения. Получены сравнительные данные о целлюлозе из ветвей и стволовой древесины осины: показано, что целлюлоза из ветвей имеет меньшую среднюю длину волокна и меньшую грубость, но сохраняет способность к межволоконному связеобразованию.

Также установлено, что волокна целлюлозы из ветвей осины более чувствительны к размолу, чем волокна из стволовой древесины. Получены данные о влиянии введения полученной целлюлозы в композицию бумаги из макулатуры МС-5Б: добавка около 30 % ЦВВ из ветвей способствует формированию более плотной структуры листа и улучшению комплекса прочностных показателей. Была предложена методика комплексного представления результатов измерения структурно-размерных свойств волокнистых полуфабрикатов на анализаторе Fiber Tester.

3. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, в целом обоснованы достаточным объёмом экспериментальных данных, полученных с использованием химических, физико-химических, микроскопических и физико-механических методов

исследования древесного сырья, целлюлозных полуфабрикатов и лабораторных образцов бумаги.

Достоверность результатов обеспечивается применением общепринятых методик определения влажности, плотности, зольности, содержания целлюлозы, лигнина, экстрактивных веществ, числа Каппа, выхода целлюлозы и характеристик чёрного щёлока. Для оценки бумагообразующих свойств использованы лабораторный размол, изготовление отливок, определение степени помола, сопротивления разрыву, продавливанию, раздиранию, сжатию на коротком расстоянии, впитываемости воды и межволоконных сил связи. Существенным достоинством является применение анализатора Fiber Tester для количественной оценки морфологии волокон.

Выводы диссертации логически вытекают из полученных данных и подтверждают возможность использования сульфатной целлюлозы высокого выхода из ветвей осины в композициях тароупаковочного назначения. Работа прошла достаточную апробацию на международных и всероссийских конференциях в Вологде, Казани, Архангельске, Сыктывкаре и Санкт-Петербурге. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК; методика представления результатов Fiber Tester принята для практического использования в САФУ.

4. Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в развитии представлений о влиянии происхождения волокнистого полуфабриката на формирование структуры и свойств бумажного листа. Автором получены сравнительные данные о химическом составе древесины ветвей и ствола осины, условиях получения из них сульфатной целлюлозы высокого выхода, морфологии волокон и их бумагообразующих свойствах.

Практическая значимость работы состоит в обосновании возможности использования древесины ветвей осины как дополнительного сырья для получения небелёной сульфатной целлюлозы высокого выхода. Показано, что введение около 30 % такой целлюлозы в композицию с макулатурой МС-5Б способствует повышению комплекса прочностных и деформационных характеристик бумаги. Практический интерес представляет также предложенная методика комплексной обработки результатов Fiber Tester, применимая для сравнительной оценки волокон различного происхождения и выбора состава бумажной композиции.

5. Оценка содержания диссертации.

Диссертационная работа Албаррам Фатымы изложена на 170 страницах машинописного текста, содержит 66 рисунков и 16 таблиц. Работа состоит из введения, обзора литературы, методической части, экспериментальной части,

общих выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка использованных источников из 133 наименований и приложений.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическое и прикладное значение, приведены сведения об апробации, публикациях и положениях, выносимых на защиту.

В первой главе представлен обзор литературы, где рассмотрены история и состояние бумажной промышленности, основные виды сырья, методы получения бумажной массы, переработка макулатуры, использование отходов лесозаготовок, особенности макулатуры МС-5Б и осины как сырья. Обзор показывает связь темы с ресурсосбережением.

Во второй главе изложены методики исследования: подготовка древесины к анализу, микроскопия, определение влажности, плотности, зольности, компонентного состава, проведение лабораторных сульфатных варок, анализ целлюлозы и щёлоков, изготовление отливок и определение бумагообразующих свойств. Для оценки морфологии волокон использован автоматический анализатор Fiber Tester L&W.

Третья глава содержит основные экспериментальные результаты. Проведено сравнение древесины ветвей и ствола осины, подобран режим получения сульфатной целлюлозы высокого выхода с общим выходом около 60 % и числом Каппа порядка 52–54, исследованы морфология волокон, влияние размола и физико-механические свойства лабораторных отливок. Показано, что целлюлоза из ветвей уступает целлюлозе из ствола по ряду прочностных показателей, но может рассматриваться как компонент бумаги тароупаковочного назначения.

Далее исследовано введение сульфатной целлюлозы высокого выхода из ветвей осины в композицию бумаги из макулатуры МС-5Б. Показано повышение плотности листа, межволоконных сил связи, сопротивления разрыву, продавливанию, сжатию и работы разрушения; наиболее рациональной признана дозировка около 30 %. В работе также применён подход теории смесей к анализу свойств волокнистых композиций. В целом содержание диссертации соответствует заявленной теме и поставленным задачам, а отдельные положения требуют дополнительного пояснения в рамках вопросов и замечаний.

6. Вопросы и замечания по диссертационной работе.

Вопросы

1. Во введении работа связывается с тароупаковочными видами бумаги, включая тест-лайнер и флютинг, а в выводах указано, что введение 30 % ЦВВ из ветвей улучшает свойства бумаги из макулатуры на 20–35 %. При этом сравнение, насколько следует из текста, выполнено главным образом с исходной макулатурной композицией. Проводилось ли сопоставление

полученных образцов с промышленными образцами тест-лайнера и/или флютинга или нормативными требованиями к тароупаковочным видам бумаги, например к бумаге для гофрирования?

2. На с. 10 указано, что ветви и вершинки составляют около 20–25 % от всей древесины, однако ресурсный потенциал таких отходов в работе раскрыт ограниченно. На с. 46 состав ветвей осины представлен фактически одной сводной таблицей. Чем был обусловлен выбор именно ветвей осины как сырья, и какие факторы, по мнению автора, ранее ограничивали их применение в ЦБП?

3. В методике на с. 49–50 приведено описание подготовки ствола и ветвей после снятия коры, но не указан сезон заготовки, условия сбора. Кроме того, методика определения экстрактивных веществ (выбор органического растворителя) и режимы варки на с. 59 раскрыты, к сожалению, не полностью (не указаны сульфидность белого щёлока, концентрация активной и эффективной щёлочи, навеска абсолютно сухой щепы на 1 варку, степень заполнения автоклава, давление, условия перемешивания или циркуляции, способ охлаждения, критерий отделения непровара и число повторных варок). Как автор оценивает воспроизводимость результатов при такой степени детализации методической части?

4. В таблице 3.2 содержание лигнина в ветвях составляет $17 \pm 1,5$ %, а в стволе — $15 \pm 1,5$ %, тогда как в последующем тексте указаны иные значения: 14,8 % для ветвей и 16,75 % для ствола. Аналогичная неоднозначность возникает при интерпретации количества экстрактивных веществ. Какие значения следует считать окончательными, и как это влияет на вывод о пригодности ветвей осины для варки?

5. В таблице 2.1 при переходе от варки №1 к варке №2 одновременно изменяются расход активной щёлочи и гидромодуль. Далее число Каппа для целлюлозы из ветвей изменяется немонотонно — 25 - 55 - 52, а непровар — 1,5 - 12 - 3,5 %. Можно ли в такой постановке опыта разделить влияние расхода щёлочи и гидромодуля на степень провара и выход целлюлозы?

6. В работе указано, что оптимальная дозировка ЦВВ из ветвей составляет 30 %, однако отдельные показатели достигают более высоких значений при других соотношениях компонентов, а сопротивление раздиранию снижается. Не ясно, опираясь на какие факторы автор определил оптимальную дозировку?

7. Предложенная методика вторичной обработки данных анализатора позволяет визуализировать данные для удобной их интерпретации. При этом были установлены зависимости длины волокна от ширины волокна, фактора формы от длины или ширины волокна. Каков физический и практический смысл таких зависимостей? Где они могут быть использованы?

Замечания

1. Обзор литературы перегружен общеисторическими разделами: «История бумаги», «Бумажная промышленность в России», «Бумажная промышленность в Сирии», «Эволюция технологии производства бумаги», «Эволюция бумагоделательного оборудования» — с. 14–24.

2. Экономические и отраслевые данные по рынку ЦБП в обзоре в основном относятся к периоду 2002–2018 гг.; современное состояние отрасли после 2020 г. практически не отражено — с. 17–20.

3. На с. 32 указано, что варку с гидроксидом натрия ведут при температуре около 90 °С и давлении 15–20 кг/см², что требует пояснения или корректировки в части уровня температуры.

4. Зольность включена в раздел 2.3 «Определение физических свойств древесины», хотя данный показатель характеризует минеральную часть сырья — с. 51–53.

5. В методической части не приведено единое описание статистической обработки результатов: число повторов, доверительные интервалы и критерии достоверности различий указаны не для всех видов испытаний.

6. Лабораторная подготовка ветвей выполнена после снятия коры, однако промышленная схема подготовки лесосечных отходов с листьями, корой, зеленью, неодревесневшими побегами и неоднородной щепой не предложена — с. 49.

7. Некорректные и требующие проверки ссылки: с. 50 — ссылка [30] приведена к «общепринятым методикам» химического анализа, однако в списке литературы источник [30] является свидетельством о регистрации программы; с. 58 — ссылки [56, 58], приведённые при описании определения лигнина, требуют проверки на соответствие конкретной методике анализа лигнина.

8. Имеются неясности с рисунками 3.18-3.20, а именно: цель разделения данных для смесей 100:0, 50:50, 0:100 от остальных данных; несоответствие максимумов с табл. 3.9; элементы легенды «52-11», «52-30», «54-13», «54-30» на рис. 3.4 осложняют сопоставление с данными табл. 3.6; на рис.3.5 длины волокон в диапазоне 1,18-1,97 мм (ветви), хотя в таблице значения в районе 0,5 мм.

9. Опечатки и технические неточности: с. 49 — 15 строка сверху; с. 59 — 26 строка сверху; с. 59 — 34 строка сверху; с. 65 — 16 строка сверху; с. 66 — 3 строка сверху; с. 116 — 20 строка сверху; с. 116 — 21 строка сверху; с. 116 — 30 строка сверху.

7. Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат и диссертация полностью соответствуют требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Автореферат полностью отражает основные положения диссертации.

8. Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 13 научных трудах, в том числе в 2 статьях в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Тематика опубликованных работ соответствует заявленной специальности 4.3.4. — Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины, а также содержанию диссертационного исследования.

Материалы диссертации доложены и обсуждены на международных и всероссийских научно-технических конференциях в Вологде, Казани, Архангельске, Сыктывкаре и Санкт-Петербурге. Тематика конференций связана с лесным комплексом, химией и технологией растительных веществ, физикохимией растительных полимеров, механикой целлюлозно-бумажных материалов и проблемами переработки древесного сырья, что соответствует направлению диссертационной работы.

9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.

Приведенные замечания не снижают научный уровень и практическую ценность рецензируемой диссертационной работы. Автореферат и опубликованные научные работы в полной мере отражают основное содержание диссертации.

Актуальность темы, степень обоснованности выводов и научных положений работы, достоверность и новизна полученных результатов позволяют заключить, что в диссертации Албаррам Фатымы «Совершенствование технологии бумаги из смеси первичного и вторичного волокна» изложено новое научно-обоснованное технологическое решение задачи получения сульфатной целлюлозы высокого выхода из древесины ветвей осины и её применения в композиции с макулатурным волокном при производстве бумаги тароупаковочного назначения.

Предложенное решение имеет существенное значение для развития ресурсосберегающих технологий целлюлозно-бумажного производства, более полного использования лесосечных отходов и повышения качества бумажных материалов на основе вторичного волокна.

Диссертационная работа Албаррам Фатымы на тему: «Совершенствование технологии бумаги из смеси первичного и вторичного волокна» является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой и полностью отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней» (утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации № 842), предъявляемым к

диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а ее автор Албаррам Фатыма достойна присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. — Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины.

Официальный оппонент

доктор технических наук (специальность 05.21.03 - Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины), профессор, профессор кафедры химической кибернетики, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

420015, Республика Татарстан,
г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68
тел. 8 (843) 231-43-50
+7-937-286-14-31
e-mail: prosvirnikov_dmi@mail.ru

Просвирников Дмитрий Богданович

«29» апреля 2026 г.