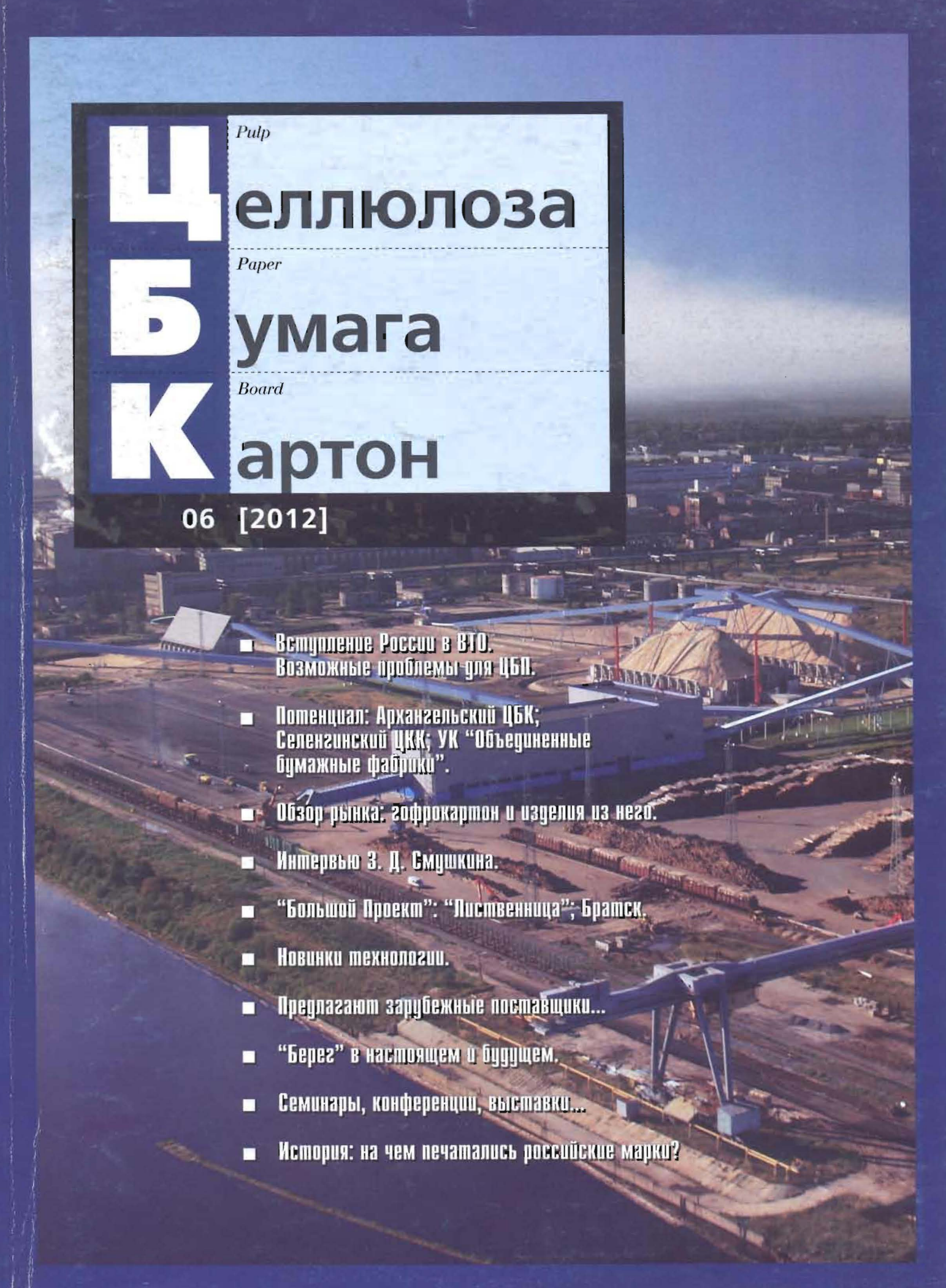




Ц

Pulp

еллюлоза

Б

Paper

умага

К

Board

артон

06 [2012]

- Вступление России в ВТО. Возможные проблемы для ЦБП.
- Потенциал: Архангельский ЦБК; Селенгинский ЦБК; УК "Объединенные бумажные фабрики".
- Обзор рынка: гофрокартон и изделия из него.
- Интервью З. Д. Смушкина.
- "Большой Проект": "Лиственница"; Братск.
- Новинки технологии.
- Предлагают зарубежные поставщики...
- "Берег" в настоящем и будущем.
- Семинары, конференции, выставки...
- История: на чем печатались российские марки?

Размол как путь направленного изменения физико-механических свойств композиционных материалов на основе целлюлозы из лиственницы

Э. Л. Аким, И. Н. Абрамов,
М. В. Коваленко, Н. А. Сазонова

Суть проблемы

Высокая практическая значимость целлюлозы лиственницы, исследуемой в рамках проекта «Лиственница» между ОАО «Группой «Илим» и Санкт-Петербургским Государственным Технологическим Университетом Растительных Полимеров (СПб ГТУ РП), инициирует постоянное проведение научных работ в различных направлениях. При этом особый интерес вызывают вопросы режим варки, отбели и размол, а, соответственно, и направленного изменения нано- и микроструктуры волокна.

Направленное изменение структуры волокон лиственничной целлюлозы ведёт к пониманию правильного применения материалов на ее основе. Известно, что биоразлагаемость, высокие механические свойства, взаимодействие с водой являются уникальными свойствами целлюлозы как постоянно возобновляемого высокомолекулярного природного полимера. Таким образом, глубокое изучение целлюлозы различных пород древесины делает этот

вид волокнистого полуфабриката (ВПФ) конкурентоспособным и позволяет получать на его основе материалы с хорошими эксплуатационными свойствами.

В ЦБП нанотехнологии могут сыграть важную роль в снижении удельной ресурсоемкости технологических процессов, улучшить свойства получаемых материалов, особенно в части повышения прочностных свойств бумаги и картона. Это имеет прямое отношение к уменьшению расхода энергии при размоле как первичного, так и вторичного волокна. Здесь может быть эффективно комбинирование двух видов последовательного воздействия: ферментов и механического воздействия. Если в результате получают нанопроduct, то такие процессы уже относятся к бионанотехнологиям. Пример такой комбинации – это разработка шведскими учеными, совместно с японскими, прорывной нанотехнологии, позволяющей получить очень тонкое бумажное полотно «нанобумагу», которая прочнее стали [2]. Эту работу можно считать революционной, и она, несомненно, может оказать огромное влияние на развитие технологии бумаги. Из этой работы вытекает важнейший простой инженерный вывод: целлюлозные наноприфириллы чрезвычайно прочны, поэтому особенно конкурен-

тоспособны и перспективны для производства упаковочных и конструкционных материалов.

Изучение размол волокон лиственничной целлюлозы приведёт к прояснению возможности использования лиственницы как сырья для создания целлюлозных композиционных материалов. Лиственница уникальна по своему строению и свойствам древесины, поэтому использование этой породы древесины приведёт к росту российской ЦБП и лесной экономики в целом. Необходимо изыскивать такие пути механического воздействия на волокна, которые бы позволили максимально реализовать прочность наноприфирил на самой поверхности клеточной стенки с минимальным ее разрушением. Тогда срок жизни волокон увеличивается. С другой стороны, возможно отдельное изготовление наноприфирил как упрочняющей добавки к макулатурной бумаге [3]. Подробное изучение изменения морфологических свойств, микроструктуры и физико-механических характеристик лиственничного волокна – это постепенные шаги к пониманию раскрытия уровней наноструктуры целлюлозы лиственницы.

Проект «Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выво-

варной целлюлозы)» осуществляется при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России). Инициатором проекта «Лиственница» выступило ОАО «Группа «Илим» в партнерстве с Санкт-Петербургским государственным технологическим университетом растительных полимеров [1].

Исследуемые материалы

В предлагаемой работе рассматривались такие виды целлюлозных композиционных материалов как флафф-целлюлоза (распушенная целлюлоза), бумага санитарно-гигиенического назначения и подпергамент.

Для изготовления перечисленных материалов использовались различные образцы хвойной целлюлозы, перечисленные в табл. 1.

Каждый из видов получаемых целлюлозных композиционных материалов, таких как флафф-целлюлоза, бумага санитарно-гигиенического назначения и подпергамент, имеет свои уникальные свойства и требования к используемым волокнистым полуфабрикатам.

Флафф-целлюлоза – сырье для производства гигиенических изделий. В настоящее время основным полуфабрикатом для получения распушенной целлюлозы является сульфатная беленая хвойная целлюлоза. Важные требования для получения флафф-целлюлозы – это химическая чистота, характеризующаяся значением pH водной вытяжки, содержанием золы, а также в некоторой степени белизны целлюлозы [4]. В производстве в основном используются только три ее сорта: к первому относятся необработанные сорта; ко второму – рыхленные; к третьему – особые сорта. Все они обрабатываются различными друг от друга способами и имеют разные степени пушения. Необработанные сорта на данный момент не пользуются особой популярностью у производителей гигиенических изделий.

Образцы хвойной целлюлозы			
Название образца	Добавление разрыхлителя	Компания-производитель	Страна
СФА хвойная белёная целлюлоза из древесины лиственницы	нет	Опытно-промышленная выработка, ОАО «Группа ИЛИМ» (г. Братск)	Россия
СФА хвойная беленая целлюлоза из древесины сосны	нет	ОАО «Группа ИЛИМ» (г. Братск)	Россия
Коммерческие образцы флафф-целлюлозы			
Белёная флафф-целлюлоза «Buskeye Foley Fluffs» (Карибская сосна)	нет	Buskeye	США
Белёная флафф-целлюлоза «Buskeye Foley Fluffs Treated» (Карибская сосна)	да	Buskeye	США

Рыхлые сорта целлюлозы представляют собой обычное распушенное волокно, но благодаря его химической обработке, оно превращается, в так называемую волокнистую массу и дает мягкую, полностью волокнистую паутину.

К особым сортам принято относить те виды целлюлозы, которые в ходе своей химической обработки проходят так называемое дезодорирование: т. е. в специальные бассейны помещают целлюлозу, где под воздействием нетоксичных химических реактивов устраняются и нейтрализуются определенные запахи. Также в эту категорию сортов входят и те виды целлюлозы, которые позволяют использовать более тонкий слой распушенной целлюлозы. Он также добавляется в гигиеническую продукцию, но не влияет при этом на его рабочие характеристики. [4]

Данные сорта целлюлозы используются в детских пеленках и подгузниках, подстилках различного назначения, женских гигиенических пакетах и других подобных изделиях.

Флафф-целлюлоза может быть также и сырьем для создания бумаги санитарно-гигиенического назначения с высоким показателем влагопоглощения. Существует большое разнообразие бумаги санитарно-гигиенического назначения в зависимости от их при-

менения: туалетная бумага, косметические салфетки, салфетки столовые, салфетки с пропиткой, полотенца (для лица и рук, кухонные и т. д.).

Важные показатели, характеризующие основные свойства бумаги санитарно-гигиенического назначения, – впитывающая способность по отношению к воде, водным растворам, жидким пищевым продуктам, pH водной вытяжки, а также прочность в сухом и во влажном состоянии. Для получения высокой впитывающей способности бумага должна иметь слабосвязанную структуру и высокую пористость, что достигается за счет использования бумажной массы садкого помола, механического разрушения структуры бумажного полотна (крепирование, тиснение), интенсивной сушки, использования в композиции гидрофильных химических волокон. В зависимости от назначения изделий из бумаги санитарно-гигиенического назначения впитывающая способность может колебаться в широких пределах. [5]

Для изучения высокой степени помола был выбран вид упаковочной бумаги, называемой подпергаментом, т. е. используемая для упаковывания пищевых продуктов тонкая упаковочная бумага, изготовленная из целлюлозы жирного помола, обладающая

ограниченной жиропроницаемостью и высокой механической прочностью.

Подпергамент применяется в основном для внутренней упаковки кондитерских, фруктовых и плодоягодных полуфабрикатов, некоторых видов печенья, глазированных хлопьев кукурузы и других продуктов. Он широко используется в торговой сети в качестве упаковочно-оберточного материала пищевых продуктов, содержащих жиры и незначительное количество влаги.

Для производства подпергамента необходима целлюлоза, обладающая хорошей способностью к гидратации и фибрилляции при размоле, т.е. пригодная для физико-механической пергаментации в процессе размола. [5]



Рис. 1. Анализатор морфологии волокна «Morfi Compact»

Методы и результаты исследования

Размол – важная операция в целлюлозно-бумажном производстве, от которой в значительной степени зависят многие свойства готового целлюлозного композиционного материала. Неразмолотые волокна обладают малой пластичностью, слабо развитой поверхностью и мало гидратированы, вследствие чего такие волокна плохо связываются друг с другом в бумажном листе. [6]

Процесс размола предназначен для того, чтобы придать волокну определенную структуру и размеры по длине и толщине, сделать волокна гибкими и пластичными и сообщить им определенную степень гидратации, чтобы обеспечить связь волокон в бумажном листе, хорошее формование (просвет) и заданные свойства бумаги: массу, пухлость, пористость, впитывающую способность и др [7].

Размол, как правило, ведется в присутствии воды при концентрации волокнистой массы 2-8 % в размалывающих аппаратах периодического и непрерывного действия – роллах, конических мельницах, рафинерах и др. Независимо от типа размалывающего

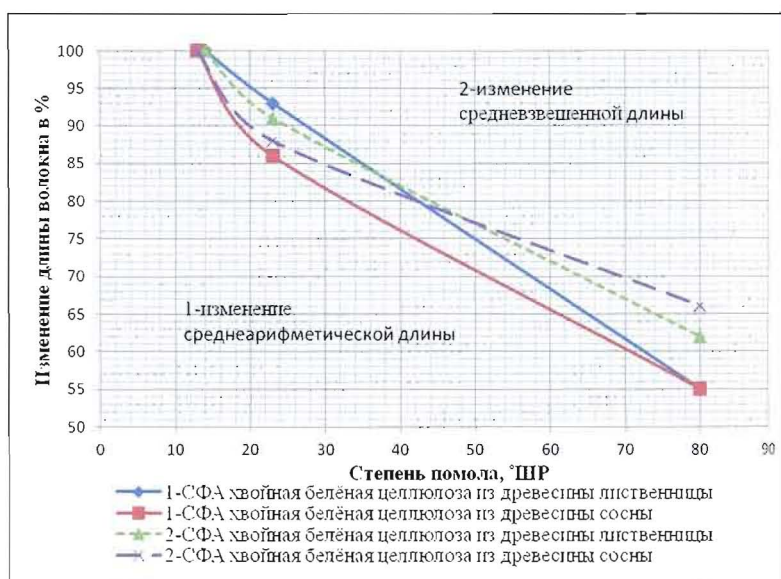


Рис. 2. График зависимости изменения длины волокна (1 – среднеарифметической; 2 – средневзвешенной) от степени помола образцов хвойной целлюлозы

аппарата принцип размола волокна один и тот же.

В процессе размола происходит внешняя и внутренняя фибрилляция волокон. Внешняя фибрилляция (начес волокна) заключается в полном или частичном отделении от волокна фибрилл, что приводит к увеличению наружной поверхности волокна и

числа свободных гидроксильных групп на его поверхности. Вместе с тем внешняя фибрилляция ослабляет прочность самого волокна. Внутренняя фибрилляция приводит к необратимым перегруппировкам структурных элементов внутри набухшей вторичной стенки волокна, не уменьшая его прочности. Процессы внешнего и внутреннего

фибриллирования трудно разделить, так как они тесно взаимосвязаны. Косвенно степень внешней фибрилляции оценивают обычно по изменению наружной поверхности волокон, внутренней фибрилляции – по их гибкости. [7]

Повышение степени набухания и, следовательно, гибкости волокон, достигается не только механическим путем, но и иным воздействием на волокнистую массу (ультразвуком, радиационным или магнитными полями, воздействием различных растворителей и др.).

В процессе размола волокно подвергается также и укорачиванию. Укорачивание волокон – сложный процесс, механизм его можно приближенно сравнить с механизмом разрезания их ножницами. Существует мнение, что при размоле жесткие целлюлозные волокна преимущественно фибриллируются, а мягкие укорачиваются, хотя процесс укорочения также в значительной степени определяется режимом (условиями) размола.

В данной работе проводили размол на лабораторной мельнице PFI в широком диапазоне степени помола, от 23 до 80 °ШР.

Для получения оптимальных показателей мягкости, пухлости и впитывающей способности при получении бумаги санитарно-гигиенического назначения степень помола массы не должна превышать 23–25 °ШР (ГОСТ Р 52354–2005). Размол волокнистых полуфабрикатов при этом должен вестись в режиме «расчета».

Для производства подпергаменты необходим размол целлюлозы до высоких степеней помола 75–80 °ШР (ГОСТ 1760–86). При высоком размолу происходит формирование малопористой, плотной структуры листа.

О бумагообразующих свойствах в первую очередь принято судить по морфологической характеристике целлюлозы, определяемой длиной и шириной волокна, толщиной его клеточной стенки. А также важным представляется значение показателя водоудержания волокон целлюлозы в зависимости

Таблица 2.

Морфологические свойства целлюлозы				
Характеристика волокна	СФА хвойная беленая целлюлоза из древесины лиственницы	СФА хвойная беленая целлюлоза из древесины сосны	Флафф-целлюлоза «Buckeye Foley Fluffs Untreated»	Флафф-целлюлоза «Buckeye Foley Fluffs Treated»
Свойства неразмолотой целлюлозы				
Среднечисловая длина, мм	1,569	1,454	1,268	1,219
Средневзвешенная длина, мм	2,526	2,223	1,997	1,905
Ширина, мкм	35,8	33,7	35,1	34,6
Скручиваемость, %	11,2	12,4	10,6	9,7
% мелочи от площади	1,496	1,63	3,09	3,545
Свойства размолотой целлюлозы до 23°ШР				
Среднечисловая длина, мм	1,285	1,252	1,197	1,187
Средневзвешенная длина, мм	1,939	1,966	1,837	1,803
Ширина, мкм	35	33	33,4	34,1
Скручиваемость, %	16,1	12,7	10,6	11,1
% мелочи от площади	2,192	2,648	3,439	6,815
Свойства размолотой целлюлозы до 80°ШР				
Среднечисловая длина, мм	0,954	0,813	-	-
Средневзвешенная длина, мм	1,329	1,468	-	-
Ширина, мкм	32	32,5	-	-
Скручиваемость, %	8,29	9,66	-	-
% мелочи от площади	8,224	3,643	-	-

ти от размола, рассмотренное ранее в работе **М. В. Коваленко и И. Н. Абрамова** «Влияние размола на морфологические свойства и водоудержание волокон целлюлозы из древесины лиственницы» [8]. Водоудержание характеризуется не только взаимосвязью со степенью помола, но и наиболее точно дает характеристику сорбционной способности волокон по средствам измерения количества внутренней взаимосвязанной влаги.

В данной работе морфологические свойства образцов целлюлозного волокна в зависимости от размола были измерены на приборе «Morfi Compact»

(рис. 1). Основные морфологические характеристики исследуемых образцов хвойной целлюлозы в зависимости от размола на мельнице PFI представлены в табл. 2.

По литературным данным, средняя длина неразмолотых волокон хвойной целлюлозы находится в пределах 2,08 – 3,03 мм, а средняя ширина 33 – 40 мкм [9]. Как видно из табл. 2, полученные значения средневзвешенной длины и ширины входят в данные интервалы. Среднеарифметическую длину волокон определяют делением общей длины всех волокон на их количество. При определении средневзвешенной

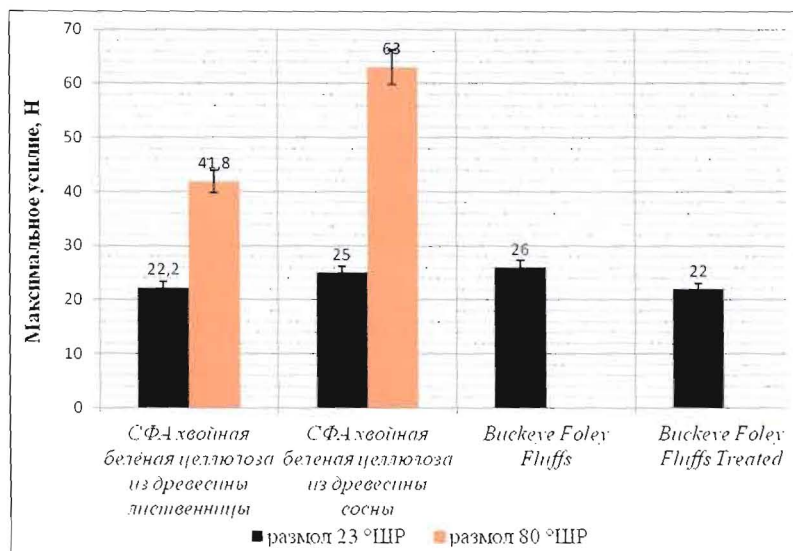


Рис. 3. Диаграмма зависимости максимального разрывного усилия (Н) от степени помола (°ШР) хвойных образцов целлюлозы

длины в расчет принимают массовую долю фракций с различной длиной. Среднеарифметическая длина всегда меньше, чем средневзвешенная. Причем средневзвешенная длина волокон ближе к практическому значению, чем среднеарифметическая.

Кривые изменения длины волокна (%) образцов сульфатной хвойной беленой целлюлозы сосны и лиственницы в процессе размола на мельнице PFI показаны на рис. 2.

Из полученных на рис. 2 кривых видно, что с увеличением степени помола волокно становится короче. У образцов СФА хвойной беленой целлюлозы из древесины лиственницы при размолу до 23°ШР среднеарифметическая длина уменьшилась на 7 %, средневзвешенная – на 9 %, а при размолу до 80°ШР уменьшение среднеарифметической длины составило 45 %, средневзвешенной – 38 %. У образцов СФА хвойной беленой целлюлозы из древесины сосны при размолу до 23°ШР произошло уменьшение среднеарифметической длины волокон на 14 %, средневзвешенной – на 12 %, а при размолу до 80°ШР среднеарифметическая длина сократилась на 45 %, средневзвешен-

ная – на 34 %. Соответственно, в начале размола больший эффект укорочения имеет сосновое волокно чем лиственничное, а при высокой степени помола длина волокна уменьшается практически одинаково как у целлюлозы лиственницы так и сосны. Большое влияние на эффект рубки и фибрилляции волокон оказывает настройка размольного оборудования.

Также из табл. 2 видно, что процент скрученных волокон уменьшается на 3 % с увеличением степени помола целлюлозы, так как волокна при размолу выпрямляются при укорачивании. Процент мелочи от площади растет значительно у целлюлозы лиственницы, на 7 %, чем у целлюлозы сосны, на 2 %.

Однако приведенные выше показатели не дают точной зависимости свойств растительных волокон, а тем более свойств готовой бумаги, от их морфологического строения. Эти зависимости весьма сложные, и их невозможно выразить каким-либо одним коэффициентом. Отдельные показатели морфологической структуры волокон и свойства единичных волокон не могут однозначно характеризовать их

бумагообразующие свойства, которые определяются всем комплексом свойств, находящихся в сложной взаимозависимости. [9]

На свойства бумаги влияют состав и распределение химических компонентов в целлюлозе, механическая прочность индивидуальных волокон целлюлозы, их отношение к размолу в водной среде – набухание, укорачивание, фибриллирование, способность к водоудержанию, к образованию при отливе коалесцентных и коагуляционных структур, определяющих связеобразование и равномерность структуры бумаги и т. д.

Механическая прочность – это один из основных и важнейших свойств большинства видов бумаги и картона. Прочность бумаги на разрыв зависит не от прочности отдельных компонентов, а от прочности самой структуры бумаги, которая формируется в процессе бумажного производства. Это свойство характеризуется обычно разрывной длиной в метрах или разрывным усилием в ньютонах.

Механические испытания на разрыв были проведены на горизонтальной разрывной машине (ГРМ) «FRANK PTA» по ИСО 12625-5 (для образцов тисью в сухом состоянии) 1924-2 (для образцов жирного помола). На рис. 3 приведена диаграмма зависимости максимального разрывного усилия (Н) от степени помола (°ШР).

Из диаграммы на рис. 3 видно, что при степени помола в 23°ШР разрывное усилие всех образцов целлюлозы находится в пределах 22 – 26 Н. Низкое разрывное усилие при размолу в 23°ШР соответствует типу бумаг санитарно-гигиенического назначения, так как такой вид бумаги не должен обладать высокими показателями прочности в сухом состоянии. С увеличением степени помола до 80°ШР предел прочности бумаги на разрыв увеличивается, происходит формирование плотной структуры листа, что необходимо для производства упаковочных видов бумаги, таких как подпергамент.



Рис. 4. Прибор для измерения прочности отдельных волокон, как в сухом, так и во влажном состоянии «Zero-Span 1000»

У образцов сульфатной хвойной беленой целлюлозы из древесины лиственницы разрывное усилие с увеличением степени помола растет с 22,2 до 41,8 Н, у сульфатной хвойной беленой целлюлозы из древесины сосны – с 25 до 63 Н. Таким образом, сопротивление прочности на разрыв образцов, изготовленных из целлюлозы сосны, при высокой степени помола значительно выше, чем у образцов, изготовленных из целлюлозы лиственницы.

Для того чтобы наиболее точно описать прочность санитарно-гигиенических видов бумаг необходимо измерить влагопрочность, или прочность во влажном состоянии. О влагопрочности бумаги судят по степени сохранения ею во влажном состоянии первоначальной своей прочности, то есть по той прочности, которую она имела до увлажнения, находясь в воздушно-сухом состоянии. Испытания образцов, как в сухом, так и во влажном состоянии проводились на приборе «Zero – Span 1000» (рис. 4) при зазоре 0,4 мм.

Прибор «Zero-Span 1000» характеризует не только прочность структуры волоконных связей, но и прочность отдельных волокон, не прошедших стадию размола. Это дает большое преимущество использования данного прибора в лабораторных условиях при тестировании целлюлозных отливок с хаотичным расположением неразмоловых волокон. Для такого тестирования были подго-

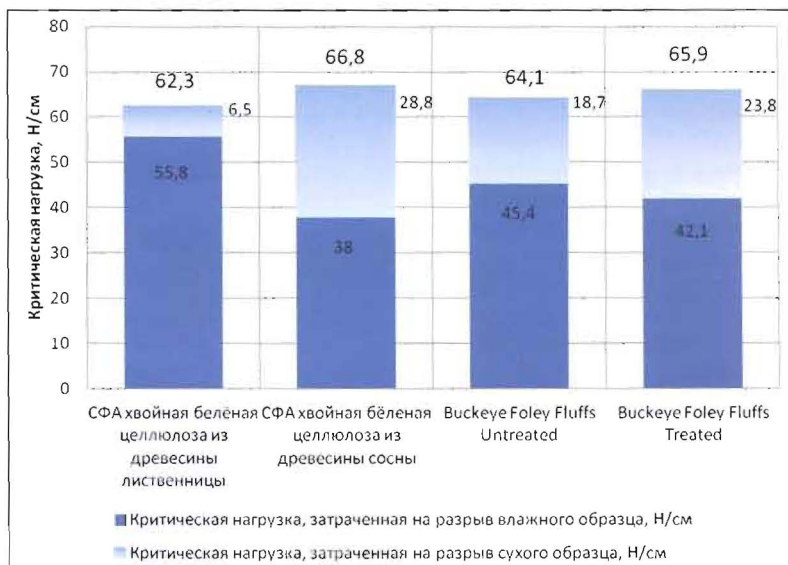


Рис. 5. Зависимость критической нагрузки, измеренной на приборе «Zero-Span 1000», от физического состояния образцов хвойной небелевой целлюлозы

товлены специальные образцы бумаг с минимальной степенью помола 23°ШР и массой в 60 г/м². Тестирование сухих образцов на приборе «Zero-Span 1000» проводилось по TAPPI 231 sm-96, влажные образцы тестировались по TAPPI 279 sm-99. Полученные данные зависимости критической нагрузки от физического состояния (сухое/влажное) образцов хвойной белевой целлюлозы представлены на рис. 5.

Из диаграмм на рис. 5 видно, что сухие образцы из сульфатной хвойной белевой целлюлозы древесины лиственницы имеют значение выдерживаемой критической нагрузки на волокно немного ниже, чем у остальных целлюлозных образцов. Критическая нагрузка на волокно у сульфатной хвойной белевой целлюлозы лиственницы равна 62,3 Н/см, у сульфатной хвойной белевой целлюлозы сосны – 66,8 Н/см, у обработанной флафф-целлюлозы «Buckeye Foley Fluffs Treated» – 65,9 Н/см. Это доказывает, что прочность лиственничных волокон в сухом состоянии почти не уступает прочности соснового волокна. Наиболее заметные отличия между всеми

хвойными образцами целлюлозы можно найти в снижении критической нагрузки, если тестировать влажные образцы. Прочность во влажном состоянии сохраняется наиболее заметно у сульфатной хвойной белевой целлюлозы древесины лиственницы, у остальных хвойных образцов значение выдерживаемой критической нагрузки на волокно заметно падает. У волокон лиственничной белевой целлюлозы значение критической нагрузки снижается на 6,5 Н/см и составляет 55,8 Н/см. В отличие от лиственничной целлюлозы критическая нагрузка у остальных образцов снижается на 19-29 Н/см и равняется 38-45,5 Н/см. Из данных показателей можно сделать вывод, что прочность лиственничных волокон на разрыв во влажном состоянии выше, чем у образцов сосновой целлюлозы, что делает уникальность структуры и прочности целлюлозных волокон лиственницы во влажном состоянии еще выше.

Для сравнения целлюлозы лиственницы с флафф-целлюлозой было измерено влагопоглощение по ИСО 12625-8 как свойство, показывающее способность увеличивать количество

связанной влаги поглощением паров воды и воздуха. Изучение скорости впитывания и влагопоглощения от вида ВПФ показаны в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что образцы, изготовленные из флафф-целлюлозы, как обработанной, так и необработанной, обладают более высокими значениями влагопоглощения, 4,3-4,6 г/г, но более низкой скоростью впитывания, 50-55 с. Сульфатная хвойная беленая целлюлоза древесины лиственницы имеет влагопоглощение, равное 4,0 г/г, скорость впитывания – 48 с, что превышает сосновую целлюлозу по влагопоглощению – 3,8 г/г, но уступает по скорости впитывания – 45 с. Данные по влагопоглощению образцов, изготовленных из лиственничной целлюлозы, практически не уступают образцам из флафф-целлюлозы, что дает подтверждение того, что при дополнительной обработке целлюлоза лиственницы может быть применима в производстве санитарно-гигиенических изделий как распушенная целлюлоза.

Выводы

Изученные морфологические и физико-механические показатели образцов, изготовленных из сульфатной беленой лиственничной целлюлозы, в сравнении с образцами, изготовленными из сульфатной белёной сосновой целлюлозой, характеризуют применение и уникальность структуры и прочности лиственничных волокон во влажном состоянии.

В начале размолта на мельнице RFI сосновое волокно укоротилось на 14 %, лиственничное – на 7 %, такое отличие дает понимание того, что лиственничное волокно требует больших затрат энергии на размол. При высокой степени помола длина волокна уменьшается одинаково на 45 %, как у целлюлозы из лиственницы, так и из сосны.

Изученные образцы, изготовленные из целлюлозы лиственницы при высокой степени помола, в 80°ШР, уступают в прочности на разрыв образцам, изготов-

Характеристика волокна	СФА хвойная беленая целлюлоза из древесины лиственницы	СФА хвойная беленая целлюлоза из древесины сосны	Флафф-целлюлоза «Buckeye Foley Fluffs Untreated»	Флафф-целлюлоза «Buckeye Foley Fluffs Treated»
Скорость впитывания, с	48,0	45,0	50,0	55,0
Влагопоглощение, г/г	4,0	3,8	4,3	4,6

ленным из сосновой целлюлозы при аналогичной степени помола на 34 %. При небольшой степени помола, до 23°ШР, прочность на разрыв всех образцов практически одинаковая и находится в пределах 22 – 26 Н. Прочность во влажном состоянии сохраняется наиболее заметно у сульфатной хвойной белёной целлюлозы древесины лиственницы, у остальных хвойных образцов прочность на разрыв заметно падает. Исходя из этого, применение целлюлозы лиственницы для изготовления санитарно-гигиенических видов бумаги и флафф-целлюлозы выглядит наиболее целесообразным.

Прочность отдельных волокон во влажном состоянии сохраняется наиболее заметно у сульфатной хвойной белёной целлюлозы древесины лиственницы, изменения произошли только на 6,5 %. У остальных хвойных образцов прочность при увлажнении заметно падает, в среднем на 24 %. Исходя из этого, применение целлюлозы лиственницы для изготовления санитарно-гигиенических видов бумаги выглядит наиболее целесообразным.

Данные по влагопоглощению образцов, изготовленных из лиственничной целлюлозы, отличаются только на 10 % от образцов из флафф-целлюлозы. Это показывает, что лиственничная целлюлоза практически не уступает коммерческим образцам из флафф-целлюлозы, и дает подтверждение того, что при дополнительной обработке целлюлоза лиственницы может быть применима в производстве санитарно-гигиенических изделий как распушенная целлюлоза.

Список литературы

1. Чуйко В. А., Аким Э. Л. // Актуальные проблемы инновационного развития ЦБП России, Целлюлоза. Бумага. Картон, № 8, 2010, стр. 3-9.
2. Biomacromolecules, 9(6), 2008, стр. 1579-1585 [перевод с английского].
3. Лапин В.В. // Нанотехнологии. Не все так просто, Сборник трудов международной научно-практической конференции «Химия в ЦБП», СПб, 21-22 декабря 2009, стр. 31-33.
4. Горбушин В.А., Менько В.Ю., Диклер М.Г. // Санитарно – гигиенические изделия из распушенной целлюлозы (Обзор), Москва, 1977, 32 с. С ил. и табл. (ВНИПИИИлеспром). Библиогр.: 30 назв., стр. 11-14.
5. Технология целлюлозно – бумажного производства. Т. 2. Производство бумаги и картона. Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. – СПб.: Политехника, 2006. – 499 с.: ил., стр. 172-173, 257-259.
6. Иванов С.Н. // Технология бумаги. 3-е Изд., 2006, 696 с.: ил. с. 36-37.
7. Технология целлюлозно – бумажного производства. Т. 2. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. – СПб.: Политехника, 2005. – 423 с.: ил. стр. 36-37.
8. Сборник «Инновационные технологии в российском лесном секторе – путь к «зеленой» экономике», Женева-Нью-Йорк, 2011, ISBN: 978-92-1-117059-7.
9. Козубов Г.М., Зотова-Спановская Н.П. // Диагностические признаки древесины и целлюлозных волокон (атлас). Под редакцией Петрозаводск, 1976, стр. 125-127.