

Х. М. Кхоа, аспирант, А.А. Масленникова
Е.О. Окулова, Я.В. Казаков, доц., д-р техн. наук
hoangminhkhoa.vfu@gmail.com, j.kazakov@narfu.ru
(САФУ, г. Архангельск, Россия)

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ БАМБУКА

Одной из основных тенденций в целлюлозно-бумажном производстве (ЦБП) является использование экономически выгодных волокнистых полуфабрикатов. Бамбук является самым быстрорастущим растением на земле, его химический состав подходит для использования в ЦБП, а качество изготавливаемой из него бумаги достаточно хорошее.

В настоящее время в мировом производстве целлюлозы из бамбука потребляется около 7 – 8 млн. тонн сырого бамбука [1]. В том числе в Китае потребляется 1,6 – 1,8 млн. тонн, в Индии – более 1,6 млн. тонн бамбуковых растений ежегодно [2].

Бамбук представляет собой высокоствольный древовидный злак, довольно быстро развивающийся. Для изучения нами был взят бамбук *Vambusa blumeana*, рис.1,а, некоторые характеристики представлены в таблице 1 [3]. Свойства бамбукового стебля определяются его анатомической структурой, он состоит из нескольких десятков междоузлий, разделенных сплошными перегородками. В процентном соотношении стебель состоит из около 50 % клеток паренхимы, 40 % волокон и 10 % проводящей ткани. Поперечный разрез стебля бамбука, показывает, что стенка состоит из трех слоев: наружного, среднего и внутреннего. Наружный покровный слой содержит ряд клеток, вытянутых по окружности стебля и имеющих довольно толстые стенки. Снаружи этот слой покрыт восковым налетом. Внутренний слой имеет один-два ряда также вытянутых по окружности стебля клеток со сравнительно тонкими стенками. Самый толстый, средний слой состоит из паренхимных клеток, среди которых разбросаны сосудисто-волокнистые пучки, имеющие на поперечном разрезе вид ромбов темного цвета. Процент волокон заметно выше во внешней трети среза и в верхней части стебля, что способствует его превосходной гибкости, ксилема и флоэмарасположены в сосудистых пучках и окружены паренхимой [1].

Исследованная древесина была доставлена в виде брусков длиной 20–23 см и толщиной 1,5–2,0 см, рис.1,б. Образцы были подвержены окорке и поперечной распиловке на бруски длиной 2,5 см. Затем, полученные бруски были вручную порублены на щепки толщи-

ной не более 5 мм, рис.1,в. Таким образом, была получена щепа, используемая в дальнейшем для лабораторной варки целлюлозы. Опилки, полученные от поперечной распиловки древесины, были просушены и отсортированы на сите с перфорацией 0,25 мм, после чего использованы для изучения химического состава древесины.

Таблица 1 – Характеристики бамбука *Bambusa blumeana*

Параметр	Значение
Высота, м	15–25
Диаметр, см	8–15
Привычка к росту	Плотными скоплениями
Климат	Тропический – Субтропический
Выносливость, °С	–1
Происхождение	Индонезия, Малайзия



a – растения; *б* – окоренные бруски древесины; *в* – щепа

Рисунок 1 – Бамбук *Bambusa blumeana*

В табл. 2 представлены результаты химического анализа древесины бамбука в сравнении с литературными данными по хвойным и лиственным породам. Древесина бамбука *Bambusa blumeana* имеет более низкое содержание целлюлозы, чем в хвойных и лиственных породах, по содержанию лигнина ближе к данным по хвойной древесине, имеет повышенное содержание водорастворимых веществ и повышенную зольность. Содержание пентозанов находится на промежуточном уровне. Таким образом, можно утверждать, что бамбук, по

своему химическому составу подходит для использования в целлюлозно-бумажной промышленности, однако, как сырье, имеет свои особенности и требует особого подхода.

Таблица 2 – Химический состав древесного сырья *Vambusa blumeana*

Показатель	Значение, % от абсолютно сухой древесины		
	Бамбук	Береза [4]	Сосна обыкновенная [4]
Содержание целлюлозы	45,3	50,0	52,0
Содержание лигнина	26,8	19,5	28,0
Содержание веществ, растворимых в горячей воде	8,6	1,8	1,1
Содержание веществ, экстрагируемых органическими растворителями	1,01	2,70 – 3,70	4,00 – 6,00
Содержание пентозанов, %	16,2	25,0	8,0
Зольность	1,35	0,35	0,28

Варку целлюлозы проводилина автоклавной системе CAS 420 одновременно в четырех автоклавах, две пробы бамбука и, для сравнения, две пробы смешанной лиственной древесины (береза и осина в соотношении 50:50). Условия варки: гидромодуль 3, содержание активной щелочи в белом щелоке 100,5 г/л; расход активной щелочи на варку 17 %; температура варки 160 °С. Результаты варки древесины бамбука и лиственной древесины представлены в табл.3.

Таблица 3 – Результаты сульфатной варки лиственной древесины и древесины бамбука

Параметр	Лиственная древесина		Древесина бамбука	
	образец №1	образец №2	образец №1	образец №2
Содержание сухих веществ в черном щелоке, г/л	189,5	185,2	221,8	194,2
Содержание активной щелочи в черном щелоке, г/л в ед. Na ₂ O	18,29	18,29	22,78	19,50
Число Каппа целлюлозы	23,9	26,43	38,24	34,88
Выход непровара, %	0,39	0,63	1,91	2,42
Выход, %	54,5	53,9	39,5	39,4
Общий выход, %	54,9	54,5	41,4	41,8

Особенности химического состава, в частности, повышенное содержание водорастворимых веществ, приводят к пониженному выходу целлюлозы из бамбука и повышенному числу каппа целлюлозы по сравнению с лиственными породами. Повышенное содержание

лигнина в древесине бамбука способствует повышению содержания сухих веществ в черном щелоке.

Химический состав небеленой целлюлозы из бамбука представлен в табл. 4. Отмечается достаточно высокое содержание лигнина, высокое содержание пентозанов. Содержание экстрактивных веществ не выделяется из традиционных значений и практически соответствует содержанию в древесине (с учетом потери массы при варке). Зольность примерно в 2–3 раза выше, чем при варке из традиционных лиственных и хвойных пород древесины.

Таблица 4 – Химический состав целлюлозы из бамбука

Показатель	Значение, % от абсолютно сухой целлюлозы	
	Проба №1	Проба №2
Содержание лигнина, %	4,39	3,34
Содержание пентозанов, %	15,7	18,7
Содержание веществ, экстрагируемых органическими растворителями, %	1,00	1,00
Зольность, %	1,29	0,95

Выводы по работе:

1. Результаты химического анализа древесины бамбука показали, что содержание целлюлозы в ней составляет – 45,3 %, лигнина – 26,8 %, веществ экстрагируемых горячей водой – 8,61 %, веществ, экстрагируемых органическими растворителями – 1,01 %, зольность – 1,35 %. Таким образом, при наличии отличий в содержании всех основных компонентов, от лиственной и хвойной древесины, данное сырье имеет потенциал для получения из нее технической целлюлозы.

2. Варка бамбука сульфатным способом по режиму, характерному для варки лиственной целлюлозы, показала возможность получения полуфабриката с выходом 39,5 % и числом каппа 35 ед. Результаты варок бамбука отличаются от варок лиственной целлюлозы по ряду параметров. Содержание сухих веществ в черном щелоке после варки бамбука заметно выше, чем в черном щелоке после варки лиственной древесины. Так же, в целлюлозе бамбука значительно выше содержание остаточного лигнина, больше содержание непровара, выход целлюлозы меньше.

Таким образом, можно утверждать, что бамбук по своему химическому составу подходит для использования как сырье в целлюлозно-бумажной промышленности, но имеет свои особенности и требует особого подхода.

Работа выполнена на оборудовании ИТЦ «Современные технологии переработки биоресурсов Севера» (Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова) при финансовой поддержке Минобрнауки России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Esther Titilayo Akinlabi. Bamboo The Multipurpose Plant / Esther Titilayo Akinlabi, Kwame Anane-Fenin, Damenortey Richard Akwada. Springer International Publishing AG, 2017.
2. РАО БУМПРОМ. Китайская целлюлозно-бумажная промышленность тенденции и перспективы [Electronic resource]. – Режим доступа: <https://www.derevo.info/content/detail/676>. Загл. с экрана.
3. Guadua Bamboo [Electronic resource]. – Режим доступа: <https://www.guaduabamboo.com/>, 2018.
4. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. В 3 т. Т. I. Сырьё и производство полуфабрикатов. Ч. 1. Производство полуфабрикатов. – СПб.: Изд-во ГЛТА, 2002. – 432 с.

УДК 678.017.67

Т.В. Соловьева, проф., д-р техн. наук
С.И. Шпак доц., канд. техн. наук
Е.В. Дубоделова, ст. препод., канд. техн. наук
В.А. Свистунова, мл. науч. сотр.
(БГТУ, г. Минск, Беларусь)

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

В Республике Беларусь древесная масса в виде термомеханической (ТММ) уже успешно используется в производстве газетной бумаги на РУП «Завод газетной бумаги» (г. Шклов), где в качестве исходной древесной породы принята сортовая древесина ели. Однако ее широкое использование в этом направлении сдерживает возникновение дефицита елового древесного сырья, которое становится все более дорогостоящим.

Решением названной проблемы может стать использование в качестве сырья для получения ТММ древесины других хвойных пород, в первую очередь древесину сосны, которая в больших объемах произрастает по всей территории Республики Беларусь.

Анализ литературных источников в направлениях характеристики применяемых хвойных пород древесины для получения ТММ показал, что древесина сосны, по сравнению с древесиной ели, имеет характерные негативные особенности, которые определяют необ-