

УДК 676.032

Г.Е. Коротаев, Ю.В. Севастьянова, Н.Н. Фетюкова

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Коротаев Георгий Евгеньевич родился в 1988 г., окончил в 2010 г. Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, аспирант кафедры ТЦБП ИТиПХ САФУ, мастер смены сушильного цеха ОАО «Соломбальский ЦБК». Имеет 2 публикации по теме диссертационной работы.

E-mail: g.korotaev@mail.ru



Севастьянова Юлия Вениаминовна окончила в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры ТЦБП ИТиПХ Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 30 работ в области различных способов делигнификации древесины.

E-mail: y-sevastyanova@yandex.ru



Фетюкова Наталья Николаевна окончила в 2011 г. Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, аспирант кафедры ТЦБП ИТиПХ САФУ.

E-mail: fetyukova2012@yandex.ru



ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-РАЗМЕРНЫХ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СУЛЬФАТНОЙ НЕБЕЛЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ НОРМАЛЬНОЙ, УСЫХАЮЩЕЙ И СУХОСТОЙНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ

Исследованы фундаментальные свойства и структурно-размерные характеристики волокон образцов целлюлозы, полученных из здоровой, усыхающей и сухостойной древесины ели, произраставших в одинаковых условиях. Установлено, что выход полуфабриката из сухостойной древесины на 2 % ниже. Основные структурно-размерные характеристики волокон отличаются незначительно, большая грубость волокон целлюлозы из сухостойной древесины обусловлена замедленными процессами делигнификации.

Ключевые слова: усыхание лесов, Архангельская область, сульфатная целлюлоза, сухостойная древесина ели, структурно-размерные характеристики волокна, фундаментальные свойства целлюлозы.

Один из ведущих лесопромышленных регионов России – Архангельская область – по запасам древесины занимает второе место в Северо-Западном федеральном округе. Общая площадь эксплуатационных лесов области составляет 19,8 млн га с запасом древесины 2,6 млрд м³, при этом на долю хвойных насаждений приходится 81 %, из которых более 67 % – ель.

В последнее десятилетие на территории области выявлено интенсивное усыхание еловых насаждений, являющихся одной из основных лесообразующих пород в регионе, что затрагивает сырьевую базу многих предприятий.

Усыхание ельников, начавшееся в междуречье Северной Двины и Пинеги и распространившееся уже на значительную территорию, является одной из важнейших проблем лесного комплекса области, связанных с резким снижением качества древесины, трудностями при отводе лесосек, усложнением арендных отношений и др.

Летом 2002 г. площадь очага усыхания ориентировочно оценивалась в 250 тыс. га, по итогам лесопатологического обследования 2005 г., проведенного московскими специалистами, эта цифра увеличилась до 1,5 млн га. На данный момент площадь очага уже превысила 2 млн га.

Причиной ослабления и усыхания еловых насаждений следует считать комплекс неблагоприятных факторов на фоне высокого возраста деревьев. Начало усыхания ельников связывается с жарким и засушливым летом 1997 г.. Количество осадков за вегетационный период (по данным метеостанций Березника, Верхней Тоймы, Карпогор) было почти в 2 раза ниже средних многолетних. Ухудшению санитарного состояния массивов способствовал снеголом деревьев зимой 2001–2003 гг. Кроме того, существенное влияние на санитарное состояние насаждений оказала технология заготовки древесины. Резкое ослабление насаждений привело к вспышке массового размножения стволовых вредителей. Перестойные деревья часто заражены грибными болезнями (еловая губка, окаймленный трутовик, еловый комлевой трутовик) [1, 2].

Считается, что заготовка сухой древесины нерентабельна. На различных уровнях неоднократно поднимались вопросы переработки усохшей древесины на месте в древесностружечные плиты, пеллеты, топливные брикеты. Предложение использовать усыхающую и сухостойную древесину в качестве сырья для ЦБП позволит решить вопрос загруженности лесозаготовительных предприятий, находящихся на территории усыхания лесов [6].

Из литературных источников известно, что для производства небеленой сульфатной целлюлозы можно использовать сухостойную сосновую древесину. Добавка до 30 % поврежденной гнилями фаутной древесины к основному сырью не приводит к потере качества продукции [4, 5].

Цель наших исследований – исследование и сравнение структурно-размерных и фундаментальных характеристик сульфатной небеленой целлюлозы, полученной из нормальной, усыхающей и сухостойной древесины.

Решаемые в ходе этих исследований задачи:

изучение влияния качества древесины на выход и число каппа хвойной сульфатной целлюлозы;

сравнение структурно-размерных и фундаментальных характеристик образцов целлюлозы, полученных из нормальной, усыхающей и сухостойной древесины;

исследование влияния добавки сухостойной древесины на свойства хвойной сульфатной небеленой целлюлозы.

Кроме того, представляло интерес исследовать целлюлозу, полученную из вершины, середины и комля ствола.

При поддержке департамента лесного комплекса Архангельской области были получены образцы нормальной, усыхающей и сухостойной древесины елей, произрастающих на одной делянке при одинаковых условиях.

В производственных условиях ОАО «Архангельский ЦБК» были получены образцы щепы из нормальной, усыхающей и сухостойной древесины. Щепу фракционировали по ГОСТ 15815–83, для варки использовали смесь фракций (сита № 10 и № 20). Для предотвращения влияния факторов варки на выход и свойства получаемой целлюлозы был выбран одинаковый режим варки. В ходе эксперимента получены образцы целлюлозы с различным числом каппа (24...32).

Результаты (средние значения) исследований, представленные в табл. 1, свидетельствуют, что выход целлюлозы из здоровой древесины по всей длине ствола примерно на 2 % больше, чем из усыхающей и сухостойной. Необходимо выделить различную избирательность процесса делигнификации здоровой и поврежденной древесины: число Каппа образцов целлюлоз, полученных из усыхающей древесины, на 4,0...7,0 % выше (исключение низ ствола), а для образцов целлюлозы из сухостойной древесины эта разница составляет 10,0...14,5 %.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что для использования сухостойной и усыхающей древесины ели в производственных условиях необходимо оптимизировать условия варки, поскольку процессы делигнификации перестойной древесины протекают медленнее.

На следующем этапе эксперимента были определены основные структурно-размерные характеристики и фундаментальные свойства полученных образцов целлюлозы до размола и при заданной степени помола 30 °ШР (табл. 2).

Как видно из данных табл. 2, наибольшей длиной волокна l_{cp} обладают образцы целлюлозы из здоровой древесины, ширина b_{cp} и грубость Γ волокон у всех образцов практически одинаковы.

Таблица 1

Влияние качества древесины на результаты варки сульфатной целлюлозы

Древесина	Часть ствола	Число Каппа	Выход, %	
			сортированной	общий
Нормальная	Верх	27,4	50,9	51,3
	Середина	28,1	50,5	51,0
	Низ	28,5	51,1	51,4
Усыхающая	Верх	28,5	48,3	49,7
	Середина	29,2	49,2	50,8
	Низ	32,3	50,6	52,1
Сухостойная	Верх	24,9	48,4	49,0
	Середина	26,4	48,7	49,1
	Низ	28,6	50,0	51,6

Таблица 2

Изменение структурно-размерных характеристик волокон сульфатной целлюлозы

Древесина	Часть ствола	l_{cp} , мм		b_{cp} , мкм		F_{ϕ} , %		Γ , дг	
		до размола	Δ	до размола	Δ	до размола	Δ	до размола	Δ
Нормальная	Верх	2,76	-16,7	32,0	-6,2	90,00	-0,1	-	-16,2
	Середина	2,87	-11,5	31,8	-3,4	91,50	-1,7	82,9	-18,0
	Низ	2,90	-0,3	32,0	-5,2	90,17	-0,6	71,5	-6,1
Усыхающая	Верх	2,40	-6,3	31,0	-3,6	90,23	0,1	76,8	-15,1
	Середина	2,42	-1,2	31,7	-1,7	92,17	-1,3	77,4	-6,1
	Низ	2,57	-7,0	31,9	-1,7	89,60	0,6	75,2	-2,5
Сухостойная	Верх	2,63	-8,5	31,3	-1,3	90,07	-1,2	70,2	-0,3
	Середина	2,53	-5,1	32,5	-4,0	89,10	-0,1	65,2	-0,9
	Низ	2,75	-9,1	33,5	-3,7	89,50	-0,2	101,0	-0,5

Необходимо отметить, что наибольшие изменения структурно-размерных характеристик волокна при размоле характерны для целлюлозы, полученной из нормальной древесины, в то время как для целлюлозы из усыхающей и сухостойной древесины данные характеристики в процессе размола изменяются в меньшей степени. Грубость волокон целлюлозы из сухостойной древесины в процессе размола практически не меняется.

Результаты определения собственной прочности волокна L_0 и сил связи F_{cb} между волокнами представлены в табл. 3. Повышенной прочностью обладают волокна, полученные из средней и нижней частей стволов для всех образцов древесины, при этом собственная прочность волокон целлюлозы из сухостойной древесины не ниже, чем у волокон из нормальной древесины.

Таблица 3

Изменение фундаментальных свойств волокон сульфатной целлюлозы

Древесина	Часть ствола	L_0 , м	F_{cb} , МПа	ρ^* , кг/см ³
Нормальная	Верх	18 500	2,29	0,708
	Середина	18 500	2,49	0,707
	Низ	16 600	2,14	0,699
Усыхающая	Верх	15 900	1,51	0,730
	Середина	16 300	1,85	0,730
	Низ	14 900	1,64	0,748
Сухостойная	Верх	15 700	1,07	0,706
	Середина	18 250	1,27	0,709
	Низ	18 000	1,40	0,727

* Плотность

Таблица 4

Влияние добавки сухостойной древесины на структурно-размерные характеристики волокон сульфатной целлюлозы

Соотношение нормальной и сухостойной древесины в щепе	$l_{\text{ср}}$, мм		$b_{\text{ср}}$, мкм		$F_{\text{ф}}$, %		Γ , дг	
	до размола	Δ	до размола	Δ	до размола	Δ	до размола	Δ
0/100	2,87	-11,5	31,8	-3,4	91,50	-1,7	82,9	-18,0
25/75	2,55	-5,9	30,2	-3,0	89,24	-0,1	52,9	-46,3
50/50	2,57	-2,7	31,2	-1,0	89,92	-0,1	66,8	-29,3
75/25	2,56	-9,1	30,8	-2,6	90,31	-0,1	54,5	-35,4
100/0	2,53	-5,1	30,5	-4,0	89,10	-0,1	65,2	-10,9

В ходе эксперимента установлено, что наибольшей способностью к образованию межмолекулярных сил связи обладают образцы целлюлозы из нормальной древесины, при этом значения характеристики одинаковы для образцов целлюлозы, полученной из всех частей ствола. Межмолекулярные силы связи для нормальной и сухостойной древесины значительно различаются по высоте ствола: разница для верха и середины ствола составляет 50 %, в то время как у всех образцов целлюлозы $F_{\text{св}}$ для низа ствола находится примерно на одном уровне.

На последнем этапе необходимо было оценить влияние добавки сухостойной древесины ели на свойства сульфатной целлюлозы (табл. 4). Установлено, что минимальная добавка сухостойной древесины (25 %) к нормальной приводит к существенному снижению основных структурно-размерных характеристик (длины и ширины) волокна.

Наибольшей грубостью обладают волокна сухостойной древесины, разница между этим образцом и образцами, полученными с добавлением сухостойной древесины, составляет 20...30 %, но после размола значения данного показателя выравниваются и остаются для всех образцов на одном уровне.

Таблица 5

Влияние добавки сухостойной древесины на фундаментальные свойства волокон сульфатной целлюлозы

Соотношение нормальной и сухостойной древесины в щепе	L_0 , м	$F_{\text{св}}$, МПа	ρ , кг/см ³
0/100	18 500	2,494	0,707
25/75	16 200	2,081	0,707
50/50	15 150	1,682	0,681
75/25	14 300	1,931	0,691
100/0	16 250	1,265	0,709

В табл. 5 представлены результаты определения основных фундаментальных свойств целлюлозы, полученной из древесины различного качества. Установлено, что собственная прочность волокон целлюлозы из нормальной древесины значительно (на 4000 м) выше, чем из 100 % сухостойной древесины. Добавление сухостойной древесины в сырье приводит к существенному снижению межволоконных сил связи, причем разница между показателями целлюлозы из здоровой и сухостойной древесины составляет 50 %, что свидетельствует о возможности возникновения сложностей при дальнейшей переработке целлюлозы из смеси здоровой и сухостойной древесины.

Выводы

1. При одинаковых условиях варки выход сульфатной целлюлозы, полученной из усыхающей и сухостойной древесины ели, на 2 % ниже, чем из нормальной древесины, при этом число Каппа на 10...5 % выше.

2. Структурно-размерные характеристики волокон сульфатной целлюлозы из нормальной, усыхающей и сухостойной древесины ели различаются незначительно.

3. При размоле до 30 °ШР существенные изменения претерпевает длина волокон целлюлозы из нормальной древесины (до 16 %). Структурно-размерные характеристики волокон целлюлозы из сухостойной и усыхающей древесины в ходе размолы изменяются незначительно.

4. Добавка сухостойной древесины к нормальной существенно снижает способность волокон целлюлозы к связеобразованию и их собственную прочность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варфоломеев, Ю.А. Использование еловой древесины с биологическими поражениями // Лесн. журн. 2005. № 4. С. 151–153. (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Варфоломеев, Ю. А. Перспективы обработки биоповрежденной древесины защитными препаратами // Деревообраб. пром-сть. 2006. № 1. С. 19–21.

3. Воронин В.В. Усыхающие ельники Архангельской области, проблемы и пути их решения: сб. ст. Архангельск: Департамент лесного комплекса Архангельской области; Центр защиты леса Архангельской области, 2007.

4. Матюшкина А.П., Агеева М.И. Свойства древесины и целлюлозы из сухостоя сосны // Физико-химические исследования древесины и ее комплексное использование. Петрозаводск: Изд-во Карельского филиала АН СССР, Институт леса, 1978. С. 24–36.

5. Ушаков И.И. Использование пораженной гнилью сосновой древесины при выработке сульфатной целлюлозы // Целлюлоза, бумага, картон. 1971. №7. С. 9–11.

6. Федоров И. Усыхает 10 % лесов Архангельской области! //ЛесПромИнформ. 2005. №8 (30). С. 42–44.

Поступила 07.02.12

G.E. Korotaev, Ju.V. Sevastyanova, N.N. Fetyukova

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Study of the Structure-Dimensional and Fundamental Properties of Unbleached Sulphate Pulp Obtained from Normal, Dying and Dead Spruce

The paper studies fundamental properties and structure-dimensional characteristics of pulp fibers obtained from healthy, dying and dead spruce growing under the same conditions. The research showed that yields of semi-finished products from dead wood are 2% lower. The basic structural and dimensional characteristics of the fibers differ only slightly; increased roughness of pulp fibers from dead wood is explained by slow progress of delignification. When using defective spruce as a raw material for pulp production, cooking modes must be optimized depending on its proportion in the raw material.

Key words: Arkhangelsk region drying forests, sulphate pulp, dead spruce wood, structure-dimensional fiber characteristics, fundamental properties of pulp.