

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАТОПЛЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ЦБП

Комплексное использование древесины подразумевает вовлечение в переработку всего объема древесного сырья. В этой связи проведены исследования технологических свойств затопленной древесины, образующейся после заполнения водохранилищ. Результаты представлены в данной статье. Кроме того, изучены факторы, влияющие на процент выхода целлюлозы и их прочностные качества.

Ключевые слова: затопленная древесина, технологическая щепка, сульфатные варки целлюлозы, экспериментальные варки целлюлозы, сроки нахождения древесины в воде.

Одним из основных современных направлений научной деятельности кафедры «Лесоинженерное дело» является вовлечение дополнительных древесных ресурсов в деревообрабатывающую отрасль. Технологический процесс и комплексное использование древесины в целлюлозно-бумажной промышленности связаны с увеличением производства эффективных заменителей деловой древесины. Решению этой задачи во многом способствует переработка древесины, затопленной при заполнении водохранилищ. В связи с этим встает вопрос о свойствах технологической щепы из затопленной древесины, а также о влиянии длительного затопления на качество получаемой целлюлозы, так как технологическая щепка, получаемая из затопленной древесины, обладает повышенной влажностью. В этой связи нами проведены научно-исследовательские работы по изучению качества щепы, полученной из затопленной древесины.

Сульфитный способ переработки влажной древесины из щепы, находившейся длительное время в контакте с водой, имеет значительные трудности, так как связан с проникновением в целлюлозу экстрактивных веществ коры древесины, отрицательно влияющих на свойства получаемого продукта. Поэтому был выбран сульфатный способ, который, хотя и требует большого расхода химикатов на варку, подобных трудностей не вызывает. Кроме того, сульфатный способ варки древесины является в настоящее время наиболее распространенным в мире, чему способствует его универсальность - возможность получения волокнистых полуфабрикатов из различных видов целлюлозосодержащего сырья, а также эффективная регенерация химикатов после варочного процесса. Таким образом, целью настоящего исследования являлось определение качества сульфатной целлюлозы, полученной из технологической щепы, для производства которой использовалась затопленная древесина.

Были исследованы следующие вопросы: получение сульфатной целлюлозы из технологической щепы различных видов древесины, находившейся длительное время в воде; определение выхода и степени делигнификации полученной целлюлозы; определение механических

показателей целлюлозы. Экспериментальные варки щепы проводилась на лабораторной экспериментальной установке лаборатории СибНИИЦБП, и были получены следующие результаты. Технологическая щепка из хвойной древесины – традиционное сырье для сульфат-целлюлозного производства и получаемая из нее целлюлоза имеет относительно высокий выход и хорошие прочностные характеристики. Варки щепы из затопленной древесины показали, что целлюлоза, полученная из древесины, прошедшей намокание в течение 50 суток, почти не отличаются от контрольного образца по выходу этого продукта из древесины, содержанию непровара и степени делигнификации. Увеличение срока нахождения в воде ведет к повышению выхода целлюлозы с 38 % (в контрольных образцах) до 50,6 % (при намокании более 150 суток), к снижению содержания непровара примерно на 1,3 %, увеличению степени делигнификации целлюлозы примерно на 6 ед. Каппа. Это связано с тем, что находившаяся длительное время в воде древесина легко впитывается варочным раствором и дает высокий выход целлюлозы за счет снижения количества непровара. Проведенная контрольная варка щепы из свежесрубленной древесины показала, что содержание непровара в этом случае остается высоким, а по выходу сортированной целлюлозы эта щепка значительно уступает щепе из затопленной древесины.

Данные по прочностным показателям полученных целлюлоз содержатся в табл. 1, и анализ результатов позволяет говорить о том, что практически все прочностные показатели целлюлозы из затопленной древесины ниже, чем у целлюлозы свежесрубленной древесины.

Целлюлоза из древесины, прошедшей намокание в течение 50 суток, по многим параметрам прочности наиболее близка к целлюлозе из свежесрубленной древесины. Целлюлоза из древесины, прошедшей намокание в течение 100...150 суток, имеет прочностные свойства, значительно уступающие целлюлозе из свежесрубленной древесины.

* - автор, с которым следует вести переписку

Механические характеристики целлюлозы

Порода	Состояние	Механические характеристики				
		Разрывная длина, м	Растяжимость, мм	Сопротивление		
				продавливанию, кПа	раздиранию, Н	излому, Н
Сосна	с/ср	8 500...9 500	4,3	505	0,91...1,25	2 700...4 000
Сосна	Затопл. на 50 сут	8 100...8 800	4,1	481	0,93	3 300
Лиственница	с/ср	8 700...9 500	4,1	490	1,23...1,78	1 700...3 300
Лиственница	Затопл. на 50 сут	9 200	3,9	500	0,88	2 400
Сосна	Затопл. на 100 сут	8 200	3,6	380	0,92	2 200
Сосна	Затопл. на 150 сут	8 300	3,3	460	0,88	3 100
Сосна	Затопл. на 150 сут и более	7 600	3,1	430	0,86	3 300
Лиственница	Затопл. на 100 сут	9 300	3,4	470	1,0	2 600
Лиственница	Затопл. на 150 сут и более	7 300	3,1	395	0,96	2 250

Приведенные результаты исследований позволяют сделать вывод, что существенное снижение прочностных показателей целлюлозы наблюдается только в случае длительного нахождения древесины в воде. Нахождение древесины в воде до 50 суток приводит к существенному

снижению показателя разрывной длины, в то время как остальные показатели снижаются незначительно.

Результаты варок технологической щепы из затопленной еловой древесины приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты варок древесины ели

Срок нахождения в воде, сут	Характеристика варки			
	Выход сортированной целлюлозы, %	Содержание непровара, %	Выход целлюлозы по варке, %	Степень делигнификации (ед. Каппа)
Свежесрубл.	43,8	–	43,8	19,3
50	43,7	–	43,7	17,2
100	45,6	0,2	45,8	21,3
150	44,4	–	44,4	21,2

Здесь наблюдается различие в выходе целлюлозы уже после намокания древесины в течение 50 суток (снижение по сравнению со свежесрубленной на 0,1 %).

Более высокий выход целлюлозы из щепы сроком намокания древесины 100 и 150 суток можно объяснить отбором щепы лучшего качества. При больших сроках намокания древесины (100 и 150 суток) наблюдается существенное снижение выхода целлюлозы по варке — на 1,4 % (при одинаковой степени делигнификации в обоих образцах).

С учетом этого, можно сделать вывод, что существенное снижение выхода целлюлозы из древесины ели происходит лишь при длительном намокании.

Древесина лиственных пород значительно отличается от хвойной как по анатомическому строению, так и по химическому составу. Лиственная древесина имеет более сложную структуру и в целом характеризуется менее упорядоченным расположением элементов. В отличие от хвойной, лиственная древесина содержит меньше лигнина и большое количество гемицеллюлоз, которые состоят из легкогидролизуемых полисахаридов. Все это определенным образом проявляется

в процессе намокания древесины лиственных пород, а также определяет специфические особенности варки.

Результаты варок лиственной древесины приведены в табл. 3, 4. Анализ данных в таблицах позволяет сделать следующие выводы. По выходу целлюлозы древесина осины, находившейся в воде в течение 50 суток, не отличалась от контрольного образца (свежесрубленной древесины). У древесины березы после нахождения в воде в течение 50 суток наблюдалось снижение выхода целлюлозы на 1,1 %. Вместе с тем при варке щепы из древесины обоих пород возрастает содержание непровара, что свидетельствует о некотором замедлении процесса делигнификации.

Дальнейшее увеличение срока нахождения древесины в воде ведет к существенному снижению выхода целлюлозы. После нахождения в воде свыше 150 суток разница в выходе целлюлозы у древесины осины по сравнению со свежесрубленной древесиной составляла уже 8,1 %. Очевидно, это связано главным образом с деструкцией легкогидролизуемых полисахаридов лиственной древесины в процессе нахождения в воде.

Таблица 3

Результаты варок древесины осины

Срок нахождения в воде, сут	Характеристика варки			
	Выход сортированной целлюлозы, %	Содержание непровара, %	Выход целлюлозы по варке, %	Степень делигнификации (ед. Каппа)
Свежесрубл.	56,7	0,5	57,2	26,6
50	56,2	1,0	57,2	31,7
100	53,6	1,6	55,2	30,7
150	49,1	–	49,1	31,2

Таблица 4

Результаты варок древесины березы

Срок нахождения в воде, сут	Характеристика варки			
	Выход сортированной целлюлозы, %	Содержание непровара, %	Выход целлюлозы по варке, %	Степень делигнификации (ед. Каппа)
Свежесрубл.	53,4	0,3	53,7	23,5
50	52,6	–	52,6	27,0
100	49,9	0,1	50,0	24,5
150	48,8	0,1	48,9	22,8

Из литературных источников известно, что в процессе хранения технологическая щепка подвержена разрушениям и изменениям в химическом составе. Основными причинами этого являются деятельность микроорганизмов и химические реакции, наиболее важные из которых — самоокисление смолистых веществ и диацетилирование гemicеллюлоз.

На изменение свойств щепы в процессе ее хранения оказывают влияние такие факторы, как продолжительность хранения, вид и состояние древесины, температура и т.д. Поэтому для исследования была использована технологическая щепка, полученная из затопленной древесины сосны и осины.

Щепа, помещенная в полиэтиленовые пакеты, попадает в условия, сходные с экологическими условиями в производственных штабелях (постоянно высокая влажность и ограниченный газообмен).

Методика проведения опытов по определению качества щепы состояла в следующем. Вначале замерялась исходная влажность и условная плотность щепы. После этого щепка в объеме 0,02 м³ для каждой породы раскладывалась в девять одинаковых полиэтиленовых пакетов размером 0,40 × 0,25 м и толщиной пленки 0,2 мм. Пакеты герметично запаивались, взвешивались и помещались в термостат с температурой 6 и 26 °С, а пакеты с температурой 14 °С находились. Срок испытаний составил 3 месяца. После этого мешки снова взвешивали. Из каждого мешка извлекалось четыре пробы для определения конечной влажности и плотности.

Газовый состав воздуха в опытных пакетах щепы изучался с помощью газоанализатора Холдена. Газовые пробы брали один раз в месяц с помощью иглы медицинского шприца, соединенной непосредственно с газоанализатором. Первую пробу (неполные 10 мл) использовали для промы-

вания воздушного пространства всей системы газоанализатора и отбрасывали. Последующие 10 мл анализировали по содержанию CO₂ и O₂. Предполагаем, что остаток газовой смеси после поглощения CO₂ состоит из азота, инертных газов и водорода. Результаты лабораторных исследований представлены в табл. 5 и 6.

Анализируя результаты проведенных исследований по характеру пораженности технологической древесины осины и сосны грибами при хранении в герметичных полиэтиленовых пакетах, можно сделать следующие выводы.

Абсолютная влажность сосновой щепы при температуре 6, 14 и 26 °С в течение трех месяцев уменьшилась по сравнению со свежесрубленной. Наибольшее снижение влажности наблюдалось при температуре 14 °С и достигло 50 %, а при температуре 6 и 26 °С составило 40 %. Снижение влажности щепы сопровождалось выделением паров воды, которые конденсировались на поверхности пакетов.

Абсолютная влажность осиновой щепы при тех же температурных условиях и сроках хранения практически не изменялась.

Изменение условной плотности щепы, как видно из табл. 5 и 6, происходило в сторону увеличения в первые 30 дней в тех пакетах, которые хранились при температуре 14 и 26 °С, после этого плотность стабильно уменьшалась. Щепа, находившаяся в пакетах при температуре 6 °С, свою плотность практически не изменяла.

Дыхательный процесс сосновой щепы в первый месяц хранения при температуре 14 °С сопровождался повышением Q_{CO2} по сравнению с начальной величиной. Затем на протяжении второго и третьего месяцев наблюдалось понижение Q_{CO2}, то есть процесс газообмена был ослаблен. При температурах 6 и 26 °С газообмен осуществлялся совсем незначительно, поскольку величина Q_{CO2} в течение трех месяцев при температуре 6 °С

уменьшилась на 45 % и при температуре 26 °С – на 55 % по сравнению с первоначальной. Дыхательный процесс у осиновой щепы в течение трех месяцев при температурных режимах 6,14 и 26 °С сопровождался понижением по сравнению с первоначальным значением. По истечении трех месяцев хранения щепы снижение, особенно при температуре 26 °С достигло 58 %, и это свидетельствует о том, что дыхательный процесс почти прекратился.

При хранении сосновой и осиновой щепы наблюдалось уменьшение объема пакетов, то есть пленка более плотно прилегала к щепе. Это говорит о том, что внутри пакетов снизилось содержа-

ние кислорода, произошедшее в результате окислительного процесса.

Хранение сосновой и осиновой щепы в полиэтиленовых пакетах при температуре 6 °С в течение трех месяцев не оказало заметного влияния на ее качество, щепка оказалась чистой и неповрежденной. Хранение щепы при температуре 14 °С в течение двух месяцев также не повлияло на ее качественные характеристики, однако после трехмесячного хранения при этой температуре качество щепы заметно снизилось. У сосновой щепы появилась синева в количестве до 60 % по сравнению со свежесрубленной. У осиновой щепы она составила 48 %.

Таблица 5

Результаты исследований качества щепы из древесины сосны при кучевом хранении

Время хранения щепы, сут	Температура T , °С	Влажность $W_{абс}$, % $\pm m$	Плотность $\rho_{всл} \pm m$, кг/м ³	Скорость выделения $Q_{CO_2} \pm m$, мкл-г/сут	Характер пораженности щепы грибами
Свежесрубленная	–	108,46 \pm 3,007	398 \pm 50	1,677 \pm 0,071	Чистая
30	6	–	–	–	–
	14	86,58 \pm 4,752	451 \pm 20,9	1,851 \pm 0,128	Чистая
	26	91,81 \pm 8,11	452 \pm 49,4	1,122 \pm 0,077	Чистая
60	6	73,09 \pm 1,607	378 \pm 7,6	1,52 \pm 0,046	Чистая
	14	68,29 \pm 5,396	386 \pm 7,7	0,951 \pm 0,050	Чистая
	26	73,89 \pm 1,178	406 \pm 7,7	0,735 \pm 0,001	8,61 % – синевая; 91,39 % – чистая
90	6	66,49 \pm 9,464	382 \pm 6,12	0,977 \pm 0,113	Чистая
	14	54,18 \pm 5,0694	310 \pm 7,1	0,687 \pm 0,091	59,94 % – синевая; 40,06 % – чистая
	26	68,44 \pm 1,228	309 \pm 16,3	0,732 \pm 0,032	12,86 % – синевая; 82,86 % – чистая

Таблица 6

Результаты исследований качества щепы из древесины осины при кучевом хранении

Время хранения щепы, сут	Температура T , °С	Влажность, $W_{абс}$, % $\pm m$	Плотность, $\rho_{всл} \pm m$, кг/м ³	Скорость выделения $Q_{CO_2} \pm m$, мкл-г/сут	Характер пораженности щепы грибами
Свежесрубленная	–	82,72 \pm 1,441	396 \pm 12	1,069 \pm 0,066	Чистая
30	6	–	–	–	–
	14	78,82 \pm 1,013	487 \pm 18	0,644 \pm 0,008	Чистая
	26	79,89 \pm 0,892	485 \pm 14	0,651 \pm 0,078	Чистая
60	6	76,76 \pm 1,531	416 \pm 4	0,575 \pm 0,046	Чистая
	14	79,89 \pm 2,571	414 \pm 16	0,595 \pm 0,148	Чистая
	26	78,4 \pm 1,531	423 \pm 5	0,660 \pm 0,248	23,11 % – синевая; 76,89 % – чистая
90	6	84,29 \pm 1,101	421 \pm 6	0,500 \pm 0,024	Чистая
	14	78,90 \pm 2,703	387 \pm 6	0,654 \pm 0,078	51,49 % – синевая; 48,51 % – чистая
	26	76,948 \pm 0,832	423 \pm 6	0,424 \pm 0,044	28,75 % – синевая; 71,25 % – чистая

При хранении осиновой и еловой щепы в пакетах при температуре 26 °С в течение одного месяца качественных изменений не произошло. При продолжительности хранения более двух месяцев у сосновой и осиновой щепы появилась синева (соответственно 8,6 и 24,1 %). После хранения щепы в течение трех месяцев синевы увеличилась и составила у сосны — 15 %, у осины — 71 %. Это говорит о более быстром поражении щепы деревьев лиственных пород в условиях ее длительного

хранения в герметичных пакетах по сравнению с хвойными породами древесины.

Таким образом, можно сделать вывод, что при изготовлении и хранении щепы из затопленной древесины в течение трех месяцев существенного изменения ее качества не происходит. Поэтому было решено провести дополнительные исследования по влиянию длительности хранения щепы из затопленной древесины на качество получаемой из нее целлюлозы.

Результаты сульфатных варок приведены в табл. 7. Они показывают, что в исследованном интервале продолжительности хранения (до 3 месяцев) и температуры (от 6 до 26 °С) не происходит значительных изменений в щепе, которые могли бы оказать влияние на ход варочного процесса и показатели качества целлюлозы.

Выход целлюлозы из древесины сосны составил 43,6...45,3 % при степени делигнификации 19,2...23,5 ед. Каппа. Наибольшее отклонение выхода целлюлозы от контрольного образца (варка

№ 7) составило 1,7 %, что, учитывая разницу в степени делигнификации целлюлоз, следует признать незначительным.

Аналогичные результаты получены при варке осины. Выход целлюлоз из осиновой древесины находился на уровне 53,5...55,2 % при степени делигнификации 14,5...17,1 ед. Каппа. Так, можно сделать вывод, что длительное хранение щепы в герметичном контейнере в исследуемом интервале температуры и продолжительности не оказывает влияния на результаты сульфатной варки.

Таблица 7

Результаты сульфатных варок щепы, прошедшей кучевое хранение

Порода древесины	Срок хранения, мес.	Температура хранения, °С	Характеристика варки				
			Выход сортированной целлюлозы, %	Содержание непровара, %	Выход целлюлозы по варке, %	Степень делигнификации	Номер варки
Осина	Контр. образец	–	53,8	–	53,8	14,9	1
	2	+6	53,5	–	53,5	17,1	2
	2	+14	54,7	0,1	54,8	17,1	3
	2	+27	54,0	–	54,0	14,5	4
	3	+27	55,2	0,1	55,3	16,8	5
Сосна	Контр. образец	–	43,6	–	43,6	19,2	6
	3	+6	45,2	0,1	45,3	22,6	7
	3	+14	44,5	–	44,5	21,5	8
	2	+27	44,7	0,4	45,1	20,4	9
	3	+27	45,0	–	45,0	23,5	10

Экспериментальные исследования качества сульфатной целлюлозы из затопленной древесины позволяют сделать следующие выводы:

1. Экспериментально установлено, что существенное снижение выхода целлюлозы из щепы хвойных и лиственных пород древесины происходит лишь при длительном (более 100 суток) нахождении ее в воде.

2. Рекомендуемые оптимальные сроки нахождения древесины в воде составляют 50...70 суток.

3. Экспериментальным путем установлено, что существенное снижение прочностных показателей целлюлоз хвойной древесины наблюдается в случае длительного нахождения ее в воде (более 100 суток).

4. Выявлены корреляционные зависимости выходных параметров варки от исходного состава древесины.

5. Проведенные лабораторные исследования щепы из затопленной древесины в условиях ее длительного хранения показали, что продолжительность хранения не влияет на качество щепы и получаемой из нее целлюлозы, в связи с чем использование затопленной древесины в качестве сырья для целлюлозно-бумажного производства является целесообразным.

Литература

1. Деятельность лаборатории по изучению физико-химических свойств древесины сибирских пород СибНИИЦКа / СибНИИЦК; рук. Э.И. Чупка. – Братск, 2007. – 159 с.