

DOI: 10.15593/2224-9400/2017.3.11

УДК 676.16

Ф.Х. Хакимова, О.А. НосковаПермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия**ОТХОДЫ ЛЕСОЗАГОТОВОК – СЫРЬЕ
ДЛЯ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ
ПРОИЗВОДСТВА КАРТОНА**

Выполнены исследования возможности и целесообразности использования отходов лесозаготовок в качестве сырья для получения волокнистого полуфабриката производства картона. Для исследований использованы образцы щепы из ветвей и вершинок березы и осины, весьма неравноценные по размерам и с содержанием большого количества коры и мелкой фракции. Нами предложен способ облагораживания («окорки») щепы из ветвей березы и осины, включающий в себя гидротермическую обработку щепы при повышенной температуре с последующим гидромеханическим разделением древесины и коры. Такая окорка щепы дала положительные результаты.

Отличия щепы из отходов лесозаготовок от обычной промышленной щепы: меньшая длина волокон, более высокое содержание экстрактивных веществ (ЭВ), лигнина, пентозанов и пониженное содержание целлюлозы.

В процессе «окорки» механические и химические потери щепы из березовых и осиновых веток составили примерно по 25 %. Предварительная «окорка» щепы предложенным методом способствует некоторому снижению в щепе массовой доли ЭВ, что является положительным с точки зрения технологии, а также сохранению на высоком уровне пентозанов, что в конечном счете улучшает механические свойства полуцеллюлозы.

Из щепы веток березы и осины, окоренной предлагаемым методом, получается бисульфитная полуцеллюлоза весьма высокого выхода (73–77 %). Показатели механической прочности березовой полуцеллюлозы на уровне соответствующих показателей полуцеллюлозы из кондиционной древесины, однако отливки бумаги получаются с большой сорностью. Механические показатели осиновой полуцеллюлозы соответствуют аналогичным показателям термомеханической и химико-термомеханической массы из кондиционной древесины. При этом отливки бумаги из полуцеллюлозы, полученной из осиновой щепы после «окорки», – равномерные, без сора.

Таким образом, щепа лесозаготовительных отходов березы и осины может служить сырьем для получения полуцеллюлозы, применяемой в производстве картона.

Ключевые слова: отходы лесозаготовок, переработка, береза, осина, полуцеллюлоза, бисульфитная варка, механические показатели.

F.Kh. Khakimova, O.A. Noskova

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

WASTE FROM LOGGING OF TREES AS A RAW MATERIAL FOR FIBROUS SEMI-FINISHED PRODUCTS FOR CARDBOARD PRODUCTION

Possibility and practicability of using waste from logging of trees as a raw material for fibrous semi-finished products for cardboard production were researched. For researches used samples of chips from branches and tops of birch and aspen which are unequal in size and containing a large amount of bark and small fraction. The proposed method of refining ("debarking") chips from branches of birch and aspen includes hydrothermal processing of chips at elevated temperature, followed by hydromechanical separation of wood and bark. This method has a good result.

Differences of wood chips from waste of logging trees from typical industrial chips: a shorter fiber length, a higher content of extractives, lignin & pentosans and a lower content of cellulose.

In the process of debarking, mechanical and chemical losses from birch and aspen branches amounted to approximately 25 %. Preliminary "debarking" of chips by the proposed method contributes to a certain reduction in the mass fraction of the extracts, which is good from the point of view of technology, and the preservation of pentosans in a high level of content, which is good for mechanical properties of the semi-chemical pulp.

From chips of birch and aspen branches, bisulphite semi-chemical pulp of a very high yield (73–77 %) is obtained. Indicators of mechanical strength of birch semi-chemical pulp at the level of the corresponding semi-chemical pulp parameters from high quality wood, however, pulp handsheets are obtained with high degree of dirt. Mechanical parameters of the aspen semi-chemical pulp correspond to similar parameters of thermomechanical and chemico-thermomechanical pulp from high quality wood. In this case, pulp handsheet from aspen chips after the "debarking" is uniform, without dirt.

In this way, wood chips of waste from logging birch and aspen can be used as a raw material for the production of semi-chemical pulp for application of cardboard production.

Keywords: *waste from logging of trees, recycling, birch, aspen, semi-chemical pulp, bisulphite pulp cooking, mechanical parameters.*

Одним из современных требований охраны окружающей среды и рационального природопользования является бережное отношение к лесным ресурсам. В результате интенсивного потребления древесины лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленностями возникает опасность истощения лесных ресурсов [1–3]. Одним из направлений рационального расходования древесины является комплексное ее использование.

Предприятиями лесопромышленного комплекса в основном используется стволовая древесина, которая составляет 60–65 % всей биомассы дерева. Остальная часть – ветви, вершины, пни и корни являются отходами лесозаготовок и остаются на лесосеках [4, 5]. Основная доля этих отходов не находит применения. Между тем лесосечные отходы (ветви, вершины) можно перерабатывать в технологическую щепу для целлюлозно-бумажного производства, изготовления древесно-волоконистых и древесно-стружечных плит, гидролизного производства и т.д. [6]. Кроме того, сбор и переработка лесозаготовительных отходов удовлетворяют противопожарным требованиям, ликвидируют захламленность лесных массивов, снижают возможность возникновения очагов лесных вредителей и позволяют увеличить съем массы полезной древесины с единицы площади леса [7].

Целлюлозно-бумажной промышленностью (ЦБП) выпускается более 600 видов бумаги и картона, изделий из них, а также целлюлоза, которая используется для получения пластмассы, целлофана, пороха и т.д. На сегодняшний день продукция ЦБП вырабатывается преимущественно из стволовой древесины. Переработка отходов лесозаготовок в ЦБП связана с целым рядом технологических трудностей. В частности, щепка всего дерева содержит много коры, а вопрос окорки щепы из веток пока не решен. Кора вызывает быстрый износ оборудования при рубке щепы, повышает сорность целлюлозы, способствует накоплению минеральных веществ в технологическом потоке, которые образуют осадки на поверхности выпарных аппаратов, коммуникациях и т.д. [8]. Все это является основной причиной ограничения использования щепы из веток в целлюлозно-бумажной промышленности.

В связи с этим важное значение приобретают поиски эффективных способов окорки щепы из ветвей деревьев. Одним из эффективных способов окорки такой щепы может быть гидротермическая обработка с дальнейшим гидромеханическим разделением коры и древесины [9].

Одним из возможных направлений переработки лесосечных отходов в виде ветвей и вершинок является производство полуцеллюлозы. Полуцеллюлоза (ПЦ) – волокнистый полуфабрикат, получаемый слабой кратковременной химической обработкой древесной щепы с последующим механическим разделением на волокна. Данный полуфабрикат используется для получения бумаги и картона.

Существует множество способов получения полуцеллюлозы: сульфитный, бисульфитный, нейтрально-сульфитный, сульфатный, натронный, содово-натронный и др., отличающиеся друг от друга условиями получения и составом варочных растворов, что в конечном счете определяет выход и свойства полученной полуцеллюлозы. Универсальным способом получения ПЦ является сульфатный, которым в настоящее время получают волокнистые полуфабрикаты из неокоренной древесины [10].

Одним из распространенных способов получения полуцеллюлозы является бисульфитный, который применяется на нескольких целлюлозно-бумажных предприятиях России. При бисульфитной варке получается полуцеллюлоза с достаточно высокими значениями выхода и механической прочности.

Исходным сырьем для получения полуцеллюлозы может служить древесина хвойных и лиственных пород. В Пермском крае достаточно велики запасы древесины березы и осины [11], которые используются в качестве сырья на некоторых целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих предприятиях Пермского края.

Пермский край является одним из крупных регионов-производителей тарного картона. В связи с этим представляет интерес изучение возможности использования отходов лесозаготовок для получения бисульфитным способом полуцеллюлозы, пригодной для использования в композиции картона.

Цель данной работы – исследование возможности и целесообразности получения ПЦ бисульфитным способом из неокоренной щепы, полученной из ветвей и вершинок березы и осины.

Для получения бисульфитной ПЦ использовано два образца отсортированной неокоренной щепы – из ветвей и вершинок березы и осины (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика отсортированных образцов щепы
из неокоренных ветвей и вершинок осины и березы

Показатель	Щепа из ветвей березы (образец № 1)	Щепа из ветвей осины (образец № 2)
Компонентный состав, %:		
древесина	86,6	77,0
корка свободная	8,1	15,0
корка связанная	5,3	8,0
Фракционный состав (остаток на сите с диаметром отверстий, мм), %:		
30	2,2	7,8
20	40,6	33,8
10	49,4	47,6
5	7,5	6,5
поддон	0,3	4,3

Образец № 1 щепы из ветвей березы довольно однороден по размерам, отличается невысоким содержанием мелкой фракции; большая часть корки находится в нем в свободном состоянии (т.е. эта корка легко может быть отделена при окорке щепы) и щепа отличается весьма высоким содержанием в ней древесины (86,6 %).

Образец щепы из ветвей осины менее однороден по размерам, содержит больше мелкой фракции; в щепе значительно больше коры, однако большая часть ее в свободном состоянии; содержание древесины достаточно высокое (77 %), но значительно меньше, чем в щепе из ветвей березы.

В табл. 2 приведен сравнительный химический состав ствола и ветвей березы и осины [12].

Таблица 2

Химический состав ствола и ветвей березы и осины

Показатель	Береза		Осина	
	Ствол	Ветви	Ствол	Ветви
Массовая доля, %:				
– лигнина	20,6	22,1	20,3	24,1
– целлюлозы	45,1	39,2	51,2	43,3
– пентозанов	25,5	27,1	20,1	23,3
– экстрактивных веществ:				
при экстракции диэтиловым эфиром	1,4	2,47	1,43	2,58
при экстракции спиртобензолом	2,3	4,04	3,36	4,66
– золы	0,25	0,37	0,40	0,86

По данным табл. 2 видно, что древесина ветвей содержит больше лигнина, пентозанов, экстрактивных веществ, золы и меньше целлюлозы, чем древесина ствола, что, следовательно, будет сказываться на свойствах полуцеллюлозы.

Предлагаемая нами схема получения ПЦ из ветвей и вершинок березы или осины в лабораторных условиях представлена на рис. 1.

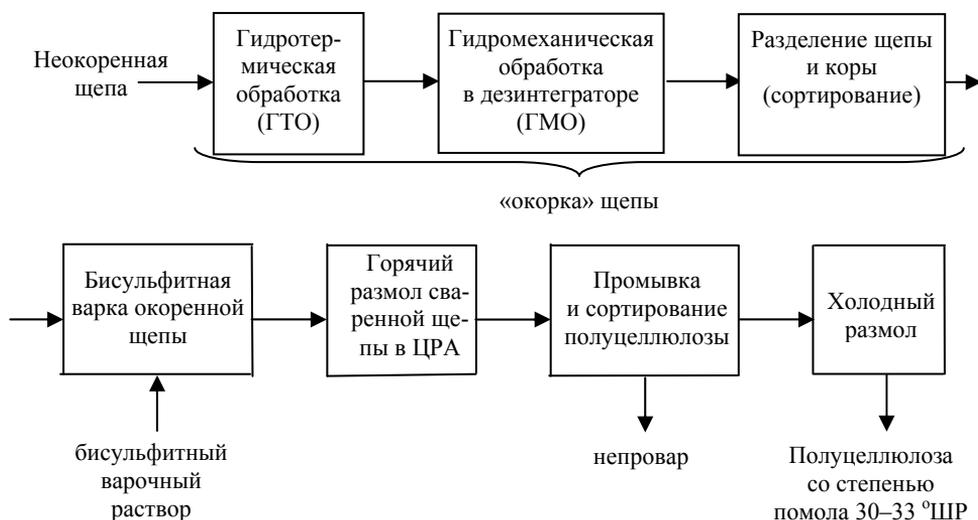


Рис. 1. Схема получения ПЦ из ветвей и вершинок березы или осины

На первом этапе предлагается облагораживание («оковка») щепы, включающее в себя следующие операции:

1) гидротермическая обработка (ГТО) щепы в автоклаве для ослабления адгезии коры к древесине при температуре 140 °С и гидромодуле 5:1 в течение 90 мин (условия ГТО приняты по результатам предварительных исследований) [9];

2) гидромеханическая обработка (ГМО) в дезинтеграторе для отслоения коры от древесины;

3) разделение древесины и коры сортированием через сито с отверстиями диаметром 10 мм.

Результаты «оковки» щепы из ветвей и вершинок березы показали, что при ГТО в предгидролизат переходит 12,5–13,6 % водорастворимых и легкогидролизуемых компонентов исходной древесины. При последующем сортировании от щепы струей воды легко удаляются свободные корка и луб и мелкие фракции щепы. Часть коры остается на сите с древесиной в виде «связанной» коры. Древесина с этой частью коры направляется далее на варку.

Общие потери компонентов щепы в процессе «околки» (древесины+коры) составляют в среднем 25 %. В результате выход «околенной» щепы, содержащей 3,2–4,2 % связанной коры, составил в среднем 75 % (приведенные данные по результатам «околки» получены как средние из семи параллельных опытов).

Облагораживание осиновой щепы дало аналогичные результаты: при ГТО в предгидролизат переходит 11,9–14,0 % органических веществ щепы; суммарные потери компонентов щепы в процессе «околки» составили 21–26 % и выход «околенной» щепы, содержащей 1,5–4,0 % связанной коры, составил 74–79 %.

Бисульфитную полуцеллюлозу получали традиционным методом, применяемым при получении полуцеллюлозы из кондиционной древесины.

Варку бисульфитной полуцеллюлозы проводили варочным раствором NaHSO_3 , содержащим всего SO_2 3,2–3,4 %, связанного SO_2 1,5–1,6 %, pH раствора 4,0–4,5, гидромодуль при варке 5:1.

График варки был следующим: подъем температуры до 160 °С – 1 ч, стоянка (варка) при 160 °С – 10–20 мин (условия варки определены предварительными исследованиями).

Для сравнения варки полуцеллюлозы проводили как из неокоренной щепы ветвей и вершинок березы и осины, так и из «околенной» щепы, т.е. предварительно подвергнутой гидротермической и гидромеханической обработкам с отделением от щепы коры. По окончании варки полуцеллюлозу размалывали в горячем виде вместе с отработанным варочным раствором в центробежно-размалывающем аппарате (ЦРА). Размолотую массу промывали и сортировали на ситах для отделения непровара.

В табл. 3 приведены условия получения и свойства бисульфитной полуцеллюлозы из щепы ветвей и вершинок березы. В таблице даны наиболее важные показатели полуцеллюлозы, определенные по стандартным методикам анализа: массовые доли экстрактивных веществ (ЭВ) – по ГОСТ 6841, лигнина – по ГОСТ 11960, пентозанов – по ГОСТ 10820.

По данным табл. 3 видно, что бисульфитной варкой с последующим горячим размолом из неокоренной щепы можно получить полуцеллюлозу с выходом 66–74 % и с массовой долей экстрактивных веществ на уровне, несколько превышающем данный показатель для обычной бисульфитной целлюлозы из кондиционной древесины [13].

Следует отметить, что уменьшение продолжительности варки всего на 10 мин (сравнение образцов 1*, 2*, 3*) существенно влияет на результаты варки: приводит к повышению выхода полуцеллюлозы, к сохранению лигнина в полуфабрикате. На массовую долю ЭВ и пентозанов в бисульфитной полуцеллюлозе изменение продолжительности варки (в принятых нами пределах) влияния не оказывает.

Таблица 3

Условия получения и свойства бисульфитной полуцеллюлозы
из щепы ветвей и вершинок березы

Номер образца	Продолжительность варки, час-мин	Выход полуцеллюлозы, %		Массовая доля в полуцеллюлозе, %		
		от исходной древесины	от древесины после «околки»	ЭВ (экстракция хлористым метиленом)	лигнина	пентозанов
1*	1–30	65,5	–	1,70	16,2	22,1
2*	1–20	66,9	–	1,72	17,7	22,6
3*	1–10	74,2	–	1,77	20,0	22,8
4	1–10	59,1	76,7	1,50	16,8	–
5	1–10	66,7	76,1	1,42	16,2	25,5
6	1–10	65,1	82,5	1,73	18,4	–
7	1–10	61,8	77,2	1,65	17,1	–
8	1–10	56,3	73,6	1,69	16,3	25,8

Примечания:

- 1) образцы полуцеллюлозы 1*–3* получены варками неокоренной щепы березы;
- 2) продолжительность горячего размола щепы в мельнице ЦРА во всех опытах одинакова и равна 10 мин;
- 3) степень помола ПЦ после горячего размола 10–12 °ШР.

Варки облагороженной (окоренной) щепы проводили в течение 1 ч 10 мин (образцы 4–8). При этом показатель выхода полуцеллюлозы от окоренной щепы весьма высокий (74–78 %), а выход ПЦ от исходной неокоренной щепы, естественно, ниже, чем для образцов 1*–3*, но достаточно высокий (56–67 %).

Предварительная окорка щепы с использованием ГТО и ГМО способствует некоторому снижению массовой доли ЭВ, что является весьма положительным с точки зрения технологии, а также сохранению на высоком уровне пентозанов, что в конечном счете отражается на механических свойствах ПЦ. Массовая доля остаточного лигнина аналогична этому показателю ПЦ из неокоренной щепы.

В табл. 4 представлены механические свойства бисульфитной полуцеллюлозы из щепы ветвей березы.

Таблица 4

Механические показатели бисульфитной полуцеллюлозы, полученной из щепы ветвей и вершинок березы

Номер образца (окорка щепы)	Холодный размол полуцеллюлозы		Механические свойства полуцеллюлозы		
	продолжительность, мин	степень помола, °ШР	разрывная длина, м	сопротивление	
				продавливанию, кПа	излому, ч.д.п.
1 (-)	28	31	6830	350	116
2 (-)	30	30	6780	330	114
3 (-)	32	30	7390	380	–
4 (+)	38	30	7300	380	120
5 (+)	37	31	6670	260	90
6 (+)	45	32	7510	340	120
7 (+)	35	32	6780	330	150
8 (+)	37	33	7620	422	201

Примечание: степень помола ПЦ после горячего размола 10–12 °ШР.

Показатели механической прочности ПЦ, полученной из щепы неокоренной (образцы 1–3) и окоренной методом ГТО и ГМО (образцы 4–8), весьма высокие, несмотря на низкие величины длины волокна веток и вершинок березы [12], величины разрывной длины и сопротивления продавливанию полученных образцов полуцеллюлозы близки к соответствующим показателям промышленной ПЦ из обычной (кондиционной) древесины. Показатели сопротивления излому невысокие, но соответствуют показателям нейтрально-сульфитной ПЦ из березовой древесины [14].

Таким образом, из неокоренной и окоренной путем ГТО и ГМО щепы ветвей и вершинок березы бисульфитной варкой можно получить полуцеллюлозу весьма высокого выхода и с высокими показателями механической прочности, однако полуцеллюлоза из неокоренной щепы очень сорная и окорка щепы несколько снижает сорность полуцеллюлозы и способствует получению гладких, равномерных отливок бумаги, но сорность остается довольно значительной.

Особенность полученных образцов полуцеллюлозы из ветвей и вершинок березы – высокие показатели механической прочности уже при степени помола 30–35 °ШР, при которых ПЦ используется в производстве картона.

Высокие показатели механической прочности ПЦ являются в определенной мере результатом сохранения в процессе варки большой доли пентозанов исходной древесины вследствие проведения варки в мягких условиях.

В табл. 5 приведены результаты варки щепы ветвей и вершинок осины и свойства получаемой полуцеллюлозы.

Таблица 5

Условия получения и свойства бисульфитной полуцеллюлозы из щепы ветвей и вершинок осины

Номер образца	Продолжительность варки, час-мин	Выход полуцеллюлозы, %		Массовая доля в полуцеллюлозе, %		
		от исходной древесины	от древесины после «оковки»	ЭВ (экстракция хлористым метиленом)	лигнина	пентозанов
1(-)	1–20	72,2	–	1,98	17,6	19,7
2(+)	1–10	52,7	73,6	1,80	13,2	19,9
3(+)	1–20	52,5	72,7	1,82	17,1	17,6
4(+)	1–10	52,5	73,9	1,70	16,6	16,4
5(+)	1–10	54,0	75,3	1,75	17,5	18,3

Примечания:

- 1) образец полуцеллюлозы № 1 получен варкой неокоренной щепы осины;
- 2) продолжительность горячего размола щепы 5–10 мин;
- 3) степень помола ПЦ после горячего размола 10–16 °ШР.

Данные табл. 5 показывают, что бисульфитной варкой с последующим горячим размолом из неокоренной щепы (образец № 1) получается ПЦ с высоким показателем выхода (72 %), с высоким содержанием ЭВ. Показатель выхода ПЦ от окоренной щепы весьма высокий (73–75 %), а выход полуцеллюлозы из исходной древесины, соответственно, ниже, чем у образца № 1 (так как ≈ 25 % компонентов щепы теряется в процессе «оковки»), но достаточно высокий (53–54 %).

Предварительная «оковка» щепы с использованием ГТО и ГМО способствует некоторому снижению массовой доли ЭВ, однако величина данного показателя остается высокой, что связано с высокой долей ЭВ в исходной щепе. «Оковка» щепы на массовые доли остаточного лигнина и пентозанов влияния не оказывает.

Содержание пентозанов в полученной ПЦ ниже, чем в березовой ПЦ, в соответствии с меньшей долей их в исходной щепе.

В табл. 6 приведены механические свойства бисульфитной ПЦ из щепы ветвей осины. Показатели механической прочности образцов полуцеллюлозы из «окоренной» щепы ветвей осины довольно высокие (разрывная длина 4500–4800 м) и соответствуют аналогичным показателям термомеханической и химико-механической массы из кондиционной древесины [15]. Повышению механических свойств ПЦ способствовала окорка щепы предлагаемым методом. Кроме того, «окорка» щепы осины оказывает положительное влияние на внешний вид отливки бумаги из бисульфитной полуцеллюлозы: отливки получаются равномерные, без сора.

Показатели сопротивления излому для бисульфитной полуцеллюлозы из осиновых ветвей низкие для всех образцов (в пределах 4–13 числа двойных перегибов).

Таблица 6

Механические показатели бисульфитной полуцеллюлозы,
полученной из щепы ветвей и вершинок осины

Номер образца (окорка щепы)	Холодный размол полуцеллюлозы		Механические свойства полуцеллюлозы	
	продолжительность, мин	степень помола, °ШР	разрывная длина, м	сопротивление продавливанию, кПа
1 (-)	14	32		
2 (+)	16	32	4520	138
3 (+)	20	32	4780	173
4 (+)	10	30	4760	145
5 (+)	17	30	4820	162

Примечание: степень помола ПЦ после горячего размола 10–16 °ШР.

На рис. 2 представлены изменения механических свойств бисульфитной полуцеллюлозы из березовых и осиновых ветвей в процессе размола.

Весьма положительным свойством березовой бисульфитной полуцеллюлозы является высокая прочность уже при степени помола 25–30 °ШР (см. рис. 2, а), при которой полуцеллюлоза используется в промышленности в производстве бумаги и картона. При дальнейшем размолу до 50–60 °ШР прочностные показатели этой полуцеллюлозы повышаются незначительно. Характер изменения кривых сопротивления продавливанию и разрывной длины одинаковый.

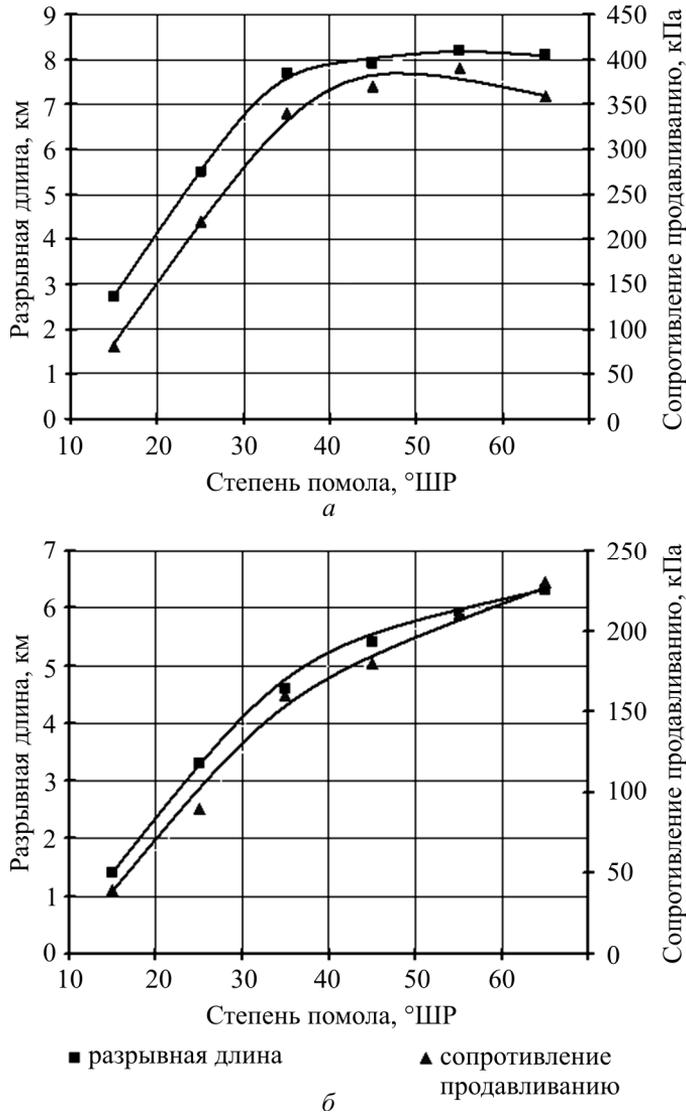


Рис. 2. Изменение свойств бисульфитной березовой (а) и осиновой (б) полуцеллюлозы в процессе размола

Показатели механической прочности осиновой бисульфитной полуцеллюлозы в процессе размола растут более медленно и равномерно до 40 °ШР, а при дальнейшем размоле до 55 °ШР эти показатели увеличиваются незначительно (см. рис. 2, б). Вероятно, бисульфитную полуцеллюлозу из ветвей осины выгодно использовать в производстве бумаги и картона при степени помола около 40 °ШР.

Заключение

1. Щепа из отходов лесозаготовок (ветвей и вершинок) березы и осины может служить сырьем для получения бисульфитной полуцеллюлозы, применяемой в производстве картона.

2. Показатель выхода полуцеллюлозы из неокоренной щепы довольно высокий, но она низкого качества (с большой долей коры).

3. Для повышения качества полуцеллюлозы щепу из ветвей и вершинок березы и осины целесообразно подвергать облагораживанию («окорке»).

4. Предлагается облагораживание («окорка») щепы путем гидротермической обработки при повышенной температуре (для снижения адгезии коры к древесине) с последующим гидромеханическим разделением древесины и коры с одновременным отделением мелкой фракции.

5. Из «окоренной» предлагаемым способом щепы березовая бисульфитная полуцеллюлоза получается с выходом 76–77 % и с показателями прочности, соответствующими аналогичным показателям полуцеллюлозы из кондиционной древесины (разрывная длина 6800–7800 м).

6. Из «окоренной» предлагаемым способом щепы осиневая бисульфитная полуцеллюлоза получается с выходом 73–74 % с показателями механической прочности (разрывная длина 4500–4800 м), соответствующими показателям термомеханической и химико-термомеханической массы из кондиционной древесины.

Таким образом, получение бисульфитной полуцеллюлозы из щепы веток и вершинок березы и осины возможно и целесообразно при применении предварительной «окорки» щепы гидротермической и гидромеханической обработками.

Список литературы

1. Никишов В.Д. Комплексное использование древесины: учеб. для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 264 с.

2. Технология целлюлозно-бумажного производства: в 3 т. – Т. III, ч. 3. Наилучшие доступные технологии в целлюлозно-бумажной промышленности. – СПб.: Политехника, 2012. – 294 с.

3. Гелес И.С. Древесная биомасса и основы экологически приемлемых технологий ее химико-механической переработки / Карел. науч. центр РАН. – Петрозаводск, 2001. – 382 с.

4. Коробов В.В., Рушнов Н.П. Переработка низкокачественного сырья (проблемы безотходной технологии). – М.: Экология, 1991. – 288 с.
5. Гелес И. С. Древесное сырье – стратегическая основа и резерв цивилизации / Карел. науч. центр РАН. – Петрозаводск, 2007. – 499 с.
6. Полянин И.А., Макаров В.Е. Изготовление технологической щепы из некондиционной и пневой древесины с последующей ее переработкой // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 10. – С. 292–297.
7. Михайлов К.Л., Гушин В.А., Тараканов А.М. Организация сбора и переработки лесосечных отходов и дров на лесосеке // Лесной журнал. – 2016. – № 6. – С. 98–109.
8. Непенин Ю.Н. Технология целлюлозы: в 3 т. – Т. 2. Производство сульфатной целлюлозы: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 600 с.
9. Гелес И.С., Левкина Г.М. Влияние свойств древесины ветвей ели на показатели сульфитных целлюлоз // Строение древесины и его роль в процессе делигнификации: сб. докл. 4-го науч. сем. – Рига: Зинатне, 1990. – С. 47–51.
10. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы: в 3 т. – Т. 1. Сырье и производство полуфабрикатов. – Ч. 2. – СПб.: Политехника, 2003. – 633 с.
11. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы: в 3 т. – Т. 1. Сырье и производство полуфабрикатов. – Ч. 1. – СПб.: Политехника, 2002. – 424 с.
12. Гелес И.С., Коржицкая З.А. Биомасса дерева и ее использование / Карел. науч. центр РАН. – Петрозаводск, 1992. – 230 с.
13. Хакимова Ф.Х., Ковтун Т.Н., Хакимов Р.Р. Обессмоливание целлюлозы поверхностно-активными веществами на стадии бисульфитной варки // Лесной журнал. – 2008. – № 5. – С. 108–112.
14. Аpsит С.О., Килипенко А.В. Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 88 с.
15. Хакимова Ф.Х. Современное производство древесной массы: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 165 с.

References

1. Nikishov V.D. Kompleksnoe ispol'zovanie drevesiny [Complex use of wood]. Moscow, Lesnaia promyshlennost', 1985. 264 p.

2. Tekhnologiiia tselliulozno-bumazhnogo proizvodstva [The technology of pulp and paper production]. Saint-Petersburg, Politehnika, 2012, vol. III, part 3, 294 p.

3. Geles I.S. Drevesnaia biomassa i osnovy ekologicheskii priemlyemykh tekhnologii ee khimiko-mekhanicheskoi pererabotki [Wood biomass and bases of ecologically acceptable technologies of its chemical and mechanical processing]. Petrozavodsk, Karel'skii nauchnyi tsentr Rossiiskoi Akademii Nauk, 2001, 382 p.

4. Korobov V.V., Rushnov N.P., Pererabotka nizkokachestvennogo syr'ia (problemy bezotkhodnoi tekhnologii) [Processing of low-quality raw materials (problem of waste-free technology)]. Moscow, Ekologiiia, 1991, 288 p.

5. Geles I.S. Drevesnoe syr'e – strategicheskaiia osnova i rezerv tsivilizatsii [Wood raw materials – a strategic basis and a reserve of a civilization]. Petrozavodsk, Karel'skii nauchnyi tsentr Rossiiskoi Akademii Nauk, 2007, 499 p.

6. Polianin I.A., Makarov V.E. Izgotovlenie tekhnologicheskoi shchepy iz nekonditsionnoi i pnevoi drevesiny s posleduiushchei ee pererabotkoi [Manufacture of technological spill from sub-standard and pnevy wood with the subsequent its processing]. *Sovremennye naukoemkie tehnologii*, 2016, no. 10, pp. 292-297.

7. Mikhailov K.L., Gushchin V.A., Tarakanov A.M. Organizatsiia sbora i pererabotki lesosechnykh otkhodov i drov na leseke [The organization of collecting and processing of a felling wastage and firewood on a cutting area]. *Lesnoi zhurnal*, 2016, no. 6, pp. 98-109.

8. Nepenin Iu.N. Tekhnologiiia tselliulozy. Tom 2. Proizvodstvo sul'fatnoi tselliulozy: Uchebnoe posobie dlia vuzov [Production of sulfate pulp]. 2nd ed. Moscow, Lesnaia promyshlennost', 1990, 600 p.

9. Geles I.S., Levkina G.M. Vliianie svoistv drevesiny vetvei eli na pokazateli sul'fitnykh tselliuloz [Influence of properties of wood of branches was eaten on indicators of sulfite celluloses]. *Stroenie drevesiny i ego rol' v protsesse delignifikatsii*. Sbornik dokladov 4-go nauchnogo seminara. Riga: Zinatne, 1990, pp. 195.

10. Tekhnologiiia tselliulozno-bumazhnogo proizvodstva [The technology of pulp and paper production]. Saint-Petersburg, Politehnika, 2013, vol. I, part 2, 633 p.

11. Tekhnologiiia tselliulozno-bumazhnogo proizvodstva [The technology of pulp and paper production]. Saint-Petersburg, Politehnika, 2002, vol. I, part 1, 424 p.

12. Geles I.S., Korzhitskaia Z.A. Biomassa dereva i ee ispol'zovanie [Biomass of a tree and its use]. Petrozavodsk, Karel'skii nauchnyi tsentr Rossiiskoi Akademii Nauk, 1992. 230 p.

13. Khakimova F.Kh., Kovtun T.N., Khakimov R.R. Obessmolivanie tselliulozy poverkhnostno – aktivnymi veshchestvami na stadii bisul'fitnoi varki [Deresination of cellulose is superficial – the active materials at a stage of bisulfite cooking]. *Lesnoi zhurnal*, 2008, no. 5, pp. 108-112 (Izvestiia vysshih uchebnyh zavedenii).

14. Apsit S.O. Kilipenko A.V. Bumagoobrazuiushchie svoistva voloknistykh polufabrikatov [Paper the forming properties of fibrous semi-finished products]. Moscow, Lesnaia promyshlennost', 1972, 88 p.

15. Khakimova F.Kh. Sovremennoe proizvodstvo drevesnoi massy [The modern production of mechanical wood pulp]. Perm, 2007, 165 p.

Получено 12.08.2017

Об авторах

Хакимова Фирдавес Харисовна (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы, профессор кафедры технологии полимерных материалов и порохов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: tcbp@pstu.ru).

Носкова Ольга Алексеевна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: oa-noskova@mail.ru).

About the authors

Firdaves H. Hakimova (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical sciences, Professor, Honourable worker of the Higher school, professor of department of technology of polymeric materials and gunpowder, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm, e-mail: tcbp@pstu.ru).

Olga A. Noskova (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Department of Chemical Technologies, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm, e-mail: oa-noskova@mail.ru).