

ОТХОДЫ ОКОРКИ ДРЕВСИНЫ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ф.Х. ХАКИМОВА, канд. техн. наук, проф;
С.Г. ЕРМАКОВ, Р.Х.ХАКИМОВ, канд. техн. Наук

Комплексное и рациональное использование древесного сырья имеет важное народнохозяйственное значение. На предприятиях целлюлозно-бумажного производства большую часть потерь древесного сырья составляют отходы окорки древесины (ООД), образующиеся при ее подготовке к производству целлюлозы, древесной массы и других полуфабрикатов. Поэтому утилизация этих отходов является одним из путей решения задачи комплексного использования древесного сырья.

В настоящее время наметилось несколько направлений использования ООД: в качестве топлива, переработка на удобрения компостированием, изготовление плитных материалов, выработка различных видов химических продуктов, получение сорбентов и др. Однако трудно назвать направление, которое бы полностью решало проблему утилизации коры. На большинстве предприятий ООД сжигают но до сих пор большая часть их вывозится в отвалы, что является дорогостоящей операцией и приводит к крайне нежелательным последствиям (пожароопасности, загрязнению окружающей среды, особенно водоемов).

В цепях поиска эффективной технологии утилизации ООД, приемлемой с технической, экономической и экологической точек зрения, были разработаны некоторые технологические стадии одного из вариантов комплексного использования ООД, включающего получение дубильного экстракта, лубяного волокнистого полуфабриката и кормовых дрожжей.

При разработке способов утилизации коры необходимо учитывать ее составные части (луб и корку), существенно отличающиеся друг от друга по физическим свойствам, химическому составу и анатомическому строению. В отличие от корки луб характеризуется повышенным содержанием углеводной части и водорастворимых веществ и пониженным — лигнина, высокой набухаемостью и водоудерживающей способностью, что обуславливает различную влажность луба и корки в свежесрубленной древесине и в ООД.

Для характеристики ООД отбирали пробы отходов мокрой и сухой окорки на Камском ЦБК. Пробы разделяли на составные части (луб, корку, древесину), так как предполагалось раздельное их использование. Для более полной характеристики ООД определен еще один компонент - "связанные" луб и корка (часть корки, оставшаяся не отделенной от луба при окорке и подготовке отходов к сжиганию). Мелкая фракция ООД образуется в результате прессования и состоит из корки, луба и древесной части, определить массовые доли которых затруднительно из-за их значительной измельченности.

Состав и влажность отходов мокрой окорки древесины (средние значения анализов 15 образцов отходов, отобранных в течение примерно одного месяца) приведены в табл. 1. Как видно, основное количество луба и корки в ООД свободное, и количество "связанных" корки и луба после короотжимных прессов составляет всего 8 — 10 %. Это указывает на возможность отделения луба от корки без каких-либо затруднений с помощью системы сортирования (без дополнительной обработки для более рационального их использования). Массовая доля древесины в ООД колеблется от 6 до 26 % (в таблице приведены средние значения), что, по-видимому, связано с неравномерностью размеров балансов (по диаметру) и загрузки барабанов.

Из всех компонентов ООД наибольшую влажность имеет лубяная часть. После обезвоживания на короотжимных прессах влажность луба остается весьма высокой (70 - 74 %). На уровне, благоприятном для сжигания (не более 55 %), находится влажность корки и древесины. Таким образом, целесообразно сжигать только корковую и древесную фракции, а не все ООД.

Сравнение состава ООД и влажности различных компонентов показало: влажность всех составляющих в пробах, взятых в зимний период (феврале - марте), ниже (выдержанная древесина); количество древесины в ООД в 2 раза выше, чем в пробах, взятых в летний период (июль - август); соотношение "свободных" луба и корки после прессов в пробах летнего отбора значительно больше (3:1), чем в пробах зимнего (~1:1), вероятно, вследствие того, что в первых лубяная часть ООД обычно крупных размеров и включает много длинных полос. Поэтому луб при

окорке древесины и отжиме коры измельчается в меньшей степени, чем корка. Мелкая фракция в пробах летнего отбора состоит в основном из корки, а зимнего - из всех трех компонентов примерно в равных долях.

Таблица 1

Состав и влажность отходов мокрой окорки древесины

Компоненты отходов окорки	Пробы зимнего отбора		Пробы летнего отбора		Пробы зимнего отбора		Пробы летнего отбора	
	Массовая доля компонентов в отходах окорки, %				Массовая доля влаги в компонентах, %			
	До пресса	После пресса	До пресса	После пресса	До пресса	После пресса	До пресса	После пресса
Отходы в целом	100	100	100	100	80,2	65,1	84,7	70,8
Древесина	14,1	12,7	5,9	5,0	73,3	53,1	70,6	56,3
Луб	37,9	35,6	51,4	53,5	87,6	70,0	87,1	73,7
Корка	36,8	28,8	23,0	17,7	61,3	46,5	63,6	54,5
Луб и корка («связанные»)	11,2	8,2	19,7	10,5	70,7	52,9	71,5	60,1
Мелочь (фракция, проходящая через сито с отверстиями диаметром 5 мм)	-	14,7	-	13,3	-	53,4	-	57,3

Таблица 2

Состав и влажность отходов мокрой окорки древесины

Компоненты отходов окорки	Массовая доля компонентов в отходах окорки, %		Массовая доля влаги в компонентах, %	
	Пределы изменения	Среднее значение	Пределы изменения	Среднее значение
Отходы окорки в целом	100	100	61,2-64,9	62,4
Древесина	12,2-32,9	26,0	53,2-58,2	54,4
Луб	10,6-34,0	20,0	63,9-69,0	65,9
Корка	10,4-17,4	10,8	27,3-46,3	40,0
Луб и корка (связанные)	23,0-38,4	28,7	-	-
Мелочь (фракция, проходящая через сито с отверстиями диаметром 5 мм)	11,1-22,7	14,5	53,8-58,5	57,0

В табл.2 приведены состав и влажность отходов сухой окорки древесины (результаты анализов 10 образцов отходов, отобранных в период с февраля по апрель).

При пониженных температурах ООД измельчены в большей степени, чем в пробах летнего периода; в них отсутствуют длинные полосы луба, характерные для теплого времени года. В отходах сухой окорки весьма высока доля древесины, а также доля "связанных" луба и корки; доля "свободных" луба и корки примерно в 2 раза ниже, чем в отходах мокрой окорки.

Влажность лубяной части значительно выше, чем корковой (как и в отходах мокрой окорки древесины), и отделение луба от ООД существенно снизит их влажность и, соответственно, повысит теплотворную способность и экономическую эффективность сжигания. Исходя из этого, с точки зрения повышения эффективности и комплексности использования древесного сырья

представляет интерес решение вопроса механического отделения луба и корки в целях их раздельного использования. Отделение от ООД свободной корки трудностей не вызывает. Техническая возможность механического разделения отходов мокрой окорки на корку и луб известна (Большаков А.В. *Предварительные результаты исследований по механическому разделению луба и корки ели, сосны и березы. - Тезисы докл. Всесоюз.конфер. по исследованию древесной коры. Свердловск, 1971.С.40-43*). Корка и луб, "связанные" после сухой окорки древесины, разделяются с трудом даже вручную. Поэтому была сделана попытка разделить их мокрым способом путем размешивания в течение 1,5 - 2,0 мин в дезинтеграторе и дальнейшего отделения луба от корки методом флотации. Это позволило отделить от фракции "луб и корка связанные" 56 - 70 % луба и 11 - 20 % корки.

Таблица 3

Химический состав отходов окорки древесины

Компоненты отходов окорки	Массовая доля отходов окорки, %						
	Компоненты мокрой окорки			Компоненты сухой окорки			
	Луб	Корка	Отходы в целом	Луб	Корка	Луб и корки (связанные)	Отходы в целом
Целлюлоза (по Кюршнеру)	30,2	27,2	28,3	33,3	24,2	31,6	30,9
Лингин (по Кюршнеру)	22,0	25,8	26,0	24,5	28,5	27,2	29,3
Пентозаны	9,15	6,12	6,98	8,21	4,69	6,40	5,98
Дубильные вещества	3,05	2,30	2,10	5,06	4,42	3,94	3,57
Водоэстрактивные вещества при температуре:							
	90°С	16,0	12,1	13,0	21,7	16,4	18,8
20°С	13,3	6,9	9,2	16,5	8,6	14,4	11,7
Эстрактивные вещества (диэтиловый эфир)	4,73	4,10	4,45	6,54	5,87	6,80	6,16
Зола	2,62	2,49	2,50	2,65	2,40	2,25	2,15

Таблица 4

Характеристика экстрактов из компонентов отходов мокрой окорки различной степени измельчения

Степень измельчения (остаток на сите с отверстиями диаметром, мм)	рН	Массовая доля		Массовая доля, % исходного сырья	
		РВ, %	Сухих веществ, г/л	Сухих веществ	Дубильных веществ
Экстракты из луба					
30	4,9	0,81	6,78	11,2	3,14
20	4,8	0,80	6,96	10,6	3,13
15	4,8	0,80	6,71	11,0	2,37
10	4,8	0,74	5,86	10,2	2,63
5	4,8	0,87	6,14	8,8	2,05
Экстракты из корки					
30	4,5	0,28	1,51	3,17	0,92
20	4,8	0,30	2,06	3,78	1,10
15	4,7	0,31	2,43	4,40	1,39
10	4,6	0,34	3,99	6,80	2,21
5	4,4	0,36	5,46	8,80	4,01

Характеристика экстрактов из компонентов отходов сухой окорки различной степени измельчения

Степень измельчения (остаток на сите с отверстиями диаметром, мм)	рН	Массовая доля		Массовая доля, % исходного сырья		
		РВ,%	Сухих веществ, г/л	РВ	Сухих веществ	Дубильных веществ
Экстракты из луба						
20	4,35	0,40	14,0	5,96	20,8	5,25
15	4,35	0,38	14,3	5,74	21,9	5,68
10	4,35	0,23	10,6	4,10	19,0	5,15
5	4,30	0,20	11,4	3,52	19,5	4,93
Мелочь	4,30	0,22	14,3	3,40	21,8	4,96
Экстракты из корки						
20	3,75	0,08	2,9	1,94	7,1	1,48
15	3,85	0,09	3,1	2,22	7,7	1,83
10	3,85	0,08	3,6	3,56	8,5	1,87
5	3,85	0,08	5,2	3,56	11,7	2,93
Мелочь	3,85	0,27	9,8	4,62	17,2	3,97
Экстракты из («связанных») луба и корки						
20	4,20	0,28	9,4	5,04	16,6	5,41
15	3,80	0,32	10,2	5,70	18,1	5,11
10	4,10	0,18	11,3	3,36	20,6	5,42
5	3,80	0,19	12,1	3,32	21,0	5,88
Мелочь	3,80	0,22	13,0	3,50	20,3	5,37

Опыт работы показал, что из ООД можно выделить фракцию, обогащенную лубом, что создает предпосылки для отдельной переработки луба и корки. Однако для эффективного сжигания корковой и древесной частей целесообразнее было бы решить вопрос о разделении ООД сухим способом, что требует проведения дополнительных исследований.

В табл. 3 представлен химический состав отдельных компонентов отходов сухой и мокрой окорки древесины. Из таблицы видно, что лубяная часть отходов как сухой, так и мокрой окорки древесины отличается от корковой части повышенным содержанием углеводов (целлюлозы, пентозанов), дубильных и экстрактивных веществ, а также веществ, растворимых в горячей и холодной воде. Массовая доля лигнина, наоборот, выше в корковой части ООД. Отходы мокрой окорки древесины отличаются от отходов сухой окорки пониженным содержанием дубильных, экстрактивных и водорастворимых веществ.

При разработке схемы комплексной переработки ООД предусматривается получение дубильного экстракта, поэтому была проведена оценка экстрактов, полученных водной экстракцией лубяной и корковой частей ООД. Условия экстракции: температура 85-90°C, продолжительность 60 мин, гидромодуль 7:1.

Водную экстракцию каждого образца проводили четырехкратно, полученные экстракты всех четырех ступеней объединяли и анализировали. Одновременно было изучено влияние степени измельчения (размера частиц) на количество водорастворимых соединений в экстрактах (табл. 4.) Степень извлечения водорастворимых соединений, в том числе дубильных веществ, с уменьшением размеров частиц у луба несколько снижается. По-видимому, при экстрагировании луба ухудшаются условия водоотдачи вследствие его набухания и возрастает сопротивление фильтрации мелкой фракции луба. Из этого следует, что для извлечения из луба дубильных веществ нет необходимости подвергать его сильному измельчению, т.е. можно исключить весьма

энергоемкую операцию. Для корки характерны противоположные соотношения: чем мельче размеры частиц, тем эффективнее водная экстракция.

В табл.5 приведена характеристика экстрактов из компонентов отходов сухой окорки различной степени измельчения. Влияние степени измельчения на результаты экстракции аналогично полученному при экстракции отходов мокрой окорки, однако из лубяной части отходов сухой окорки (по сравнению с мокрой) дубильных веществ извлекается в 1,8-2,4 раза больше. Поскольку в отходах сухой окорки весьма значительна фракция «луб и корка связанные» (28,7%), проведена экстракция и этой фракции (табл.5).

Результаты экстракции показывают, что из «связанных» луба и корки извлекается дубильных веществ больше, чем из свободного луба. Эти результаты представляют большой интерес с точки зрения извлечения дубильных веществ без предварительного разделения луба и корки. Причем из всех фракций, независимо от степени измельчения, удается экстрагировать довольно значительное количество дубильных веществ (5,1 – 5,9% от исходного сырья).

Таким образом, отходы окорки еловой древесины, накапливающиеся на целлюлозно-бумажных предприятиях, могут служить сырьем для получения дубильных экстрактов. Для извлечения дубильных веществ из ООД целесообразно использовать лубяную часть и фракцию «связанные» луб и корка, т.е. от ООД следует отделять только древесину и свободную корку. Оценку качества дубильных экстрактов из ООД следует проверить в промышленных условиях.

В процессе водной экстракции дубильных веществ в раствор переходит 10-20% органических веществ исходного сырья (луба или «связанных» луба и корки). Около 80-90% луба остается в виде одубины, поэтому необходимо принять меры к использованию и этих отходов производства. Одним из вариантов применения одубины может быть получение лубяного волокнистого полуфабриката (ЛВП). Нами разработаны оптимальные условия получения ЛВП из лубяной части ООД путем гидротермической обработки ее, т.е. без использования химических реагентов: конечная температура варки 150°C, продолжительность повышения температуры до конечной 2 ч, продолжительность варки (гидротермической обработки) при конечной температуре 1,5 ч. Этим способом получены ЛВП из лубяной части ООД после водной экстракции (одубины) и без предварительной экстракции (табл.6).

Таблица 6

Результаты гидротермической обработки луба

Показатели	Варка луба	
	После экстракции	Без экстракции
Выход ЛВП, % от исходного сырья	54,9	50,8
Механические показатели ЛВП (60°ШР, 75 г/м ²):		
разрывная длина, м	4100	4850
сопротивление:		
продавливанию, кПа	160	210
раздиранию, мН	184	220
изгибу на 90°	210	300
рН гидролизатов	4,1	4,1
Массовая доля в гидролизатах:		
РВ, % (% от исходного сырья)	1,5 (10,5)	1,58 (11,1)
сухих веществ, г/л (% от исходного сырья)	31,3 (21,9)	39,2 (27,4)
дубильных веществ, г/л (% от исходного сырья)	4,0 (1,94)	7,7 (3,69)

Одной из важнейших особенностей ЛВП является легкая его рамалываемость. Чтобы получить ЛВП со степенью помола 60°ШР для большинства образцов достаточен помол в лабораторной мельнице ЦРА (80мин⁻¹; 15-20 мин). Более длительного помола и дополнительного кратковременного размола (в течение 2 мин) требуют лишь образцы повышенного выхода, полученные путем кратковременной варки.

Как следует из табл. 6, образцы ЛВП (из луба отходов сухой окорки древесины) имеют более высокие механические показатели, чем белая древесная масса, получаемая из первосортной древесины.

Гидролизаты с содержанием РВ 1,5-1,6%, полученные при гидротермической обработке луба, могут быть использованы для биохимической переработки в кормовые дрожжи. В Пермском научно-исследовательском институте бумаги проверена пригодность гидролизатов для выращивания дрожжей. Получены положительные результаты.

Следует отметить, что производственный опыт изготовления бумаги и картона с использованием волокнистых полуфабрикатов из коры отсутствует. ЛВП имеет темный цвет, поэтому использовать его можно в композиции бумаг и картонов, к белизне которых не предъявляются высокие требования, например, в композиции оберточной бумаги. В лабораторных условиях на листоотливном аппарате ЛА-1 получены отливки бумаги различной композиции с использованием ЛВП (продукта гидротермической обработки лубяной части ООД, сучковой сульфитной целлюлозы и отходов сортирования дефибрерной древесной массы после размола до 50°ШР). Характеристика образцов бумаги приведена в табл. 7.

Таблица 7

Показатели образцов бумаги из ЛВП, сучковой целлюлозы и отходов сортирования дефибрерной древесной массы

№ образца	Состав по композиции, %			Механические показатели	
	ЛВП	Сучковая целлюлоза	Отходы сортирования древесной массы	Разрывная длина, м	Сопротивление продавливанию, кПа
1	100 (60°ШР)	-	-	4850	210
2	-	100 (28°ШР)	-	3200	110
3	-	-	100 (50°ШР)	2100	50
4	10	90	-	3650	140
5	20	80	-	3820	140
6	30	70	-	4200	150
7	40	60	-	4280	150
8	50	50	-	4730	150
9	90	-	10	4730	190
10	70	-	30	4420	150
11	50	-	50	4050	120
12	30	-	70	3340	100
13	10	-	90	2550	60
Для оберточной бумаги по ГОСТ 8273 Марка В из небеленой сульфитной целлюлозы				3000	-

Как следует из таблицы, ЛВП из лубяной части ООД может заменить дорогостоящую сульфитную целлюлозу в композиции оберточной бумаги. Все полученные образцы бумаги удовлетворяют требованиям, предъявляемым к оберточной бумаге марки В (за исключением образца 13).

Таким образом, могут быть предложены два варианта комплексного использования ООД.

- Разделение отходов окорки на корковую и лубяную фракции; использование корковой части в качестве топлива; получение дубильных веществ водной экстракцией лубяной части; гидротермическая обработка одубины (остатка луба после экстракции) с получением лубяного волокнистого полуфабриката и гидролизата; использование ЛВП в производстве оберточной бумаги, а гидролизата — для получения кормовых дрожжей;
- все стадии первого варианта за исключением стадии получения дубильного экстракта.