

УДК 631.572.004.8

**Ф.Х. Хакимова, С.Г. Ермаков**

Хакимова Фирдавес Харисовна родилась в 1938 г., окончила в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, заведующая кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета. Имеет 140 научных трудов в области теории и технологии целлюлозы.



## **ВАРИАНТ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ**

Исследован вариант комплексного использования отходов окорки древесины с раздельным использованием корковой и лубяной частей: корки в качестве топлива, луба для получения дубильного экстракта, лубяного волокнистого полуфабриката и кормовых дрожжей.

Целлюлозно-бумажная промышленность – один из крупнейших потребителей древесного сырья, большую часть потерь которого составляют отходы окорки, образующиеся при подготовке древесины к производству полуфабрикатов. Вовлечение этих отходов в промышленную переработку является одним из путей решения задачи комплексного использования древесины.

В настоящее время наметилось несколько направлений использования отходов окорки: в качестве топлива, для переработки на удобрения компостированием, для изготовления плитных материалов, выработки различных видов химических продуктов, получения сорбентов и др. Однако проблема утилизации коры, остается актуальной.

При разработке способов утилизации коры необходимо учитывать ее состав. Составные части коры (луб и корка) существенно отличаются 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 как в свежесрубленной древесине, так и в отходах ее окорки.

Авторами предлагается вариант комплексного использования отходов окорки древесины на целлюлозно-бумажных предприятиях, включающий раздельное использование корковой и лубяной частей: корковой части – в качестве топлива, лубяной части – для извлечения дубильного экстракта с дальнейшим применением одубины для получения лубяного волокнистого полуфабриката (ЛВП) и кормовых дрожжей.

В табл. 1 представлены состав и влажность отходов окорки древесины, отобранных на Камском ЦБК в зимнее время.

Таблица 1

Компоненты	Массовая доля компонентов в отходах окорки, %	Массовая доля влаги в компонентах, %
Общие отходы окорки	100,0	62,4
Древесина	16,5	54,4
Луб	22,0	63,8
Корка	13,4	40,0
Луб и корка (связанные)	31,3	54,2
Мелочь (фракция, проходящая через сито с диаметром отверстий 5 мм)	16,8	57,0

Из данных табл. 1 следует, что отходы сухой окорки древесины характеризуются весьма высоким содержанием древесины, а также связанных луба и корки и, соответственно, низким содержанием свободных луба и корки. Наибольшую влажность имеет лубяная часть отходов окорки, наименьшую (в 1,5 раза меньшую, чем луб) – корковая часть. Поэтому отделение луба от общих отходов окорки существенно снизит их влажность и, следовательно, повысит теплотворную способность и экономический эффект от их сжигания.

Отделение луба от других компонентов окорки осуществлено на специальном аппарате под действием центробежных сил [1]. Луб измельчали до таких размеров, чтобы при сортировании он проходил через сито с диаметром отверстий 20 мм и задерживался на сите с диаметром отверстий 5 мм. Такую степень измельчения луба считаем оптимальной по результатам предварительных исследований.

Извлечение дубильных веществ из лубяной части отходов окорки производили водной экстракцией. С целью получить более высокий выход дубильных веществ при приемлемой доброкачественности дубильного экстракта разработаны оптимальные условия экстракции луба, для чего был поставлен эксперимент по плану Бокса ( $m = 3$ ). Изучалось влияние на результаты экстракции трех факторов: температуры, продолжительности экстракции и гидромодуля. В качестве выходных параметров выбраны следующие: выход дубильных веществ ( $y_{д.в}$ ), содержание в экстракте сухих веществ ( $y_{с.в}$ ), доброкачественность дубильного экстракта ( $y_{д}$ ).

Матрица планирования эксперимента и результаты ее реализации представлены в табл. 2.

Каждый приведенный показатель является среднеарифметическим из двух параллельных определений. Дубильный экстракт получали четырехкратной экстракцией каждого образца луба.

Для выходных параметров получены следующие уравнения регрессии:

$$\begin{aligned} \hat{y}_{д.в} &= 4,02 + 1,13x_1 + 0,32x_2 + 0,51x_3 + 0,27x_1^2 + 0,10x_2^2 - 0,19x_3^2; \\ \hat{y}_{с.в} &= 20,28 + 3,60x_1 + 1,34x_2 + 1,56x_3 + 1,01x_1^2 - 0,18x_2^2 - 1,29x_3^2 + 0,72x_1x_2; \\ \hat{y}_{д} &= 24,69 + 3,28x_1 + 1,56x_3 + 0,34x_1^2 + 0,96x_2^2 + 0,39x_3^2 - 1,14x_1x_2. \end{aligned}$$

Таблица 2

Номер опыта	Кодированные значения переменных			Натуральные значения переменных			Выходные параметры				
	Температура $X_1$	Продолжительность $X_2$	Гидро-модуль $X_3$	Температура $x_1$ , °С	Продолжительность $x_2$ , мин	Гидро-модуль $x_3$	$U_{д.в}$		$U_{с.в}$		$U_{д.}$ %
							% от абс. сухого сырья	г/л	% от абс. сухого сырья	г/л	
1	1	1	1	100	90	10	6,2	2,2	25,9	9,3	30,8
2	-1	1	1	60	90	10	3,8	1,4	19,0	7,1	25,1
3	1	-1	1	100	30	10	5,5	2,1	22,5	8,5	32,0
4	-1	-1	1	60	30	10	3,2	1,2	17,0	6,2	23,7
5	1	1	-1	100	90	6	5,2	3,4	24,8	15,9	26,6
6	-1	1	-1	60	90	6	2,7	2,3	15,4	12,7	21,8
7	1	-1	-1	100	30	6	4,6	3,4	19,5	14,3	30,8
8	-1	-1	-1	60	30	6	2,4	1,8	14,4	11,1	19,6
9	1	0	0	100	60	8	5,3	2,3	25,8	11,2	26,0
10	-1	0	0	60	60	8	3,3	1,8	16,8	9,1	24,0
11	0	1	0	80	90	8	4,6	2,4	21,1	11,2	27,8
12	0	-1	0	80	30	8	3,6	2,0	19,1	10,5	23,6
13	0	0	1	80	60	10	4,5	1,7	21,6	8,1	26,1
14	0	0	-1	80	60	6	3,2	2,8	16,4	14,6	24,0

Здесь  $\hat{y}$  – промежуточное значение выходного параметра, представляющее собой значение функции отклика, предсказанное уравнением регрессии.

Задача оптимизации состояла в получении дубильного экстракта с выходом дубильных веществ не менее 5 % при максимально возможной доброкачественности экстракта. Получены следующие оптимальные условия экстракции луба: температура экстракции 94 °С, продолжительность 90 мин, гидромодуль 7:1.

Расчетные и фактические величины выходных параметров приведены в табл. 3.

Таким образом, результаты экстракции луба по оптимальному режиму соответствуют расчетным.

Одубина (остаток луба после экстракции дубильных веществ) была использована для получения ЛВП гидротермической обработкой, т.е. варкой в водной среде без использования химикатов. Ранее были разработаны оптимальные условия гидротермической обработки луба с получением ЛВП [2]. Эти же условия были приняты для варки одубины. Получены два образца ЛВП: из одубины, высушенной на воздухе до воздушно-сухого состояния, и из влажной одубины после экстракции луба, отжатой до сухости около 20 %.

В табл. 4 представлены условия проведения гидротермической обработки одубины и характеристика образцов ЛВП.

Из данных табл. 4 следует, что из одубины можно получить ЛВП с весьма высоким выходом. Обращает на себя внимание очень легкая размываемость ЛВП: ЛВП из воздушно-сухой одубины уже после подмола (обработка в ЦРА при 80 об/мин в течение 20 мин) имел степень подмола 50° ШР, после дополнительного размола (при 150 об/мин в течение 2 мин) – 60° ШР; ЛВП из влажного луба после подмола – 60° ШР.

Образцы ЛВП характеризуются также высокими величинами средней длины волокна, для образца ЛВП из влажного луба этот показатель на аппарате Иванова невозможно было определить из-за слишком большой длины волокон.

ЛВП обладает также пониженной способностью к обезвоживанию, однако он обезвоживается несколько лучше, чем дефибрерная древесная масса и термомеханическая масса при сопоставимых величинах степени помола (соответственно 128 и 140 с).

Показатели механической прочности образцов ЛВП находятся на достаточно высоком уровне, за исключением сопротивления излому.

Таблица 3

Показатели	Значения показателей	
	Расчетные	Фактические
$U_{д.в.}$ % от абс. сухого сырья (г/л)	5,1(3,5)	5,1(3,5)
$U_{с.в.}$ % от абс. сухого сырья (г/л)	22,4(15,3)	22,9(15,4)
$U_{д.}$ %	29,6	29,4

Таблица 4

Показатели	Значения показателей варки одубины	
	воздушно-сухой	влажной
Условия варки:		
гидромодуль	7:1	7:1
продолжительность подъема		
температуры до конечной, мин	90	90
температура, °С	145	145
продолжительность при конечной		
температуре, мин	90	90
Содержание сухих веществ в гидролизате, г/л	48	40
Массовая доля РВ в гидролизате, %	2,3	2,3
Выход ЛВП, %:		
из одубины	59,4	63,6
из исходного луба	47,5	50,8
Продолжительность размола, мин	Подмол / 2	Подмол
Степень помола, °ШР	50 / 60	60
Обезвоживаемость, с	66 / 110	98
Средневзвешенная длина волокна, мм	2,49 / 2,38	Высокая
Разрывная длина, м	4470 / 5330	4560
Сопротивление:		
излому, ч.д.п.	2 / 2	2
раздиранию, мн	530 / 190	290
продавливанию, кПа	125 / 145	85

Примечания: 1. Степень помола и обезвоживаемость исходных образцов ЛВП из воздушно-сухой одубины 28 °ШР; 43 с; из влажной одубины – 33 °ШР; 26 с. 2. В числителе приведены данные после подмола, в знаменателе – после 2-минутного размола.

Полученный нами ЛВП имеет темный цвет (подобно сульфатной целлюлозе), поэтому может быть использован в композиции продукции, к белизне которой не предъявляются какие-либо требования, например для внутренних слоев картона или оберточных бумаг.

В табл. 5 приведена характеристика гидролизата от гидротермической обработки одубины. Анализ гидролизата выполнен в лаборатории дрожжевого производства Пермского научно-исследовательского института бумаги. Исходя из приведенных данных и заключения лаборатории дрожжевого производства гидролизат после соответствующей подготовки может быть использован для выращивания кормовых дрожжей.

Таблица 5

Показатели	Значение показателей
Массовая доля РВ (редуцирующих веществ), %	2,26
Массовая доля летучих органических кислот в пересчете на уксусную кислоту, %	0,25
Массовая доля фурфурола, %	0,04
Кислотность, °К	36