

УДК 631.572.004.8

С.Г. Ермаков, Ф.Х. Хакимова

Ермаков Станислав Глебович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Пермский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета. Имеет около 30 печатных работ в области комплексного использования древесного сырья.



Хакимова Фирдавес Харисовна родилась в 1938 г., окончила в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет 150 научных трудов в области теории и технологии целлюлозы.



РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ (ЧАСТЬ 1)

Предложен способ сухого разделения отходов окорки на лубяную и корково-древесную фракции. Разработана технология комплексной утилизации отходов сухой окорки древесины ели с получением из лубяной части дубильного экстракта (ДЭ), лубяного волокнистого полуфабриката (ЛВП), кормовых дрожжей, а также технологического пара при сжигании корково-древесной части. Установлены оптимальные технологические режимы получения из лубяной фракции ДЭ и ЛВП без использования химических реагентов.

отходы окорки, состав, разделение, луб, корка, экстракция, гидротермическая обработка, лубяной волокнистый полуфабрикат, оптимизация.

Ежегодно ресурсы отходов окорки древесины в нашей стране составляют около 30 млн м³. Однако лишь малая часть отходов используется для получения технологического пара методом их сжигания. Основную массу коры вывозят в отвалы, загрязняющие окружающую среду. В то же время отходы окорки – это такое же ценное, с точки зрения возможности получения различных продуктов, древесное сырье, как и сама древесина.

Цель данных исследований – разработать технологию комплексной утилизации отходов окорки древесины ели с получением из лубяной части дубильных экстрактов, лубяного волокнистого полуфабриката (ЛВП) и кормовых дрожжей, а также технологического пара при сжигании корково-древесной части.

Вид и состояние отходов окорки, образующихся в условиях промышленных предприятий, зависят от применяемых методов удаления коры и технических средств окорки.

Особенностью отходов окорки древесины по сравнению с древесной корой является наличие в них древесных отщепов, повышенное содержание минеральных примесей, высокая влажность. Исследована характеристика образующихся на Камском ЦБК промышленных отходов сухой окорки древесины, разделенных на составные части вручную (табл. 1).

Кроме основных составных частей (древесина, луб, корка) для более полной характеристики промышленных отходов окорки определены еще два компонента: связанные луб и корка (луб и корка, не разделенные в процессе сухой окорки древесины и оставшиеся в связанном состоянии); мелкая фракция отходов окорки, состоящая из корки, луба и древесной части, определить массовые доли которых затруднительно из-за их значительной измельченности.

Полученные результаты показывают, что отходы сухой окорки отличаются весьма высокой долей древесины и связанных луба и корки. Влажность отходов сухой окорки и их компонентов значительно ниже влажности отходов мокрой окорки, но выше величины, при которой сжигание их

Таблица 1

Состав и влажность отходов сухой окорки древесины

Компоненты отходов окорки	Массовая доля компонентов в отходах окорки, %		Массовая доля влаги в компонентах, %	
	Пределы изменений	Среднее значение	Пределы изменений	Среднее значение
Отходы окорки в целом	100,0	100,0	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	54,8...62,3	59,8
Мелочь	11,0...22,7	14,5	53,8...58,5	57,0

Таблица 2

Химический состав (%) компонентов отходов окорки и древесины ели

Показатели	Значения показателей				для древесины
	для отходов окорки				
	сухой		мокрой		
	Луб	Корка	Луб	Корка	
Целлюлоза	36,6	24,2	40,2	27,2	57,4
Лигнин	21,7	40,5	20,0	48,2	29,4
Экстрактивные вещества	5,2	5,9	4,7	5,4	2,4
Полисахариды:					
трудногидролизуемые	26,5	17,6	27,3	20,4	42,9
легкогидролизуемые	27,8	10,2	17,4	14,4	16,0

Водоэкстрактивные вещества:					
при 90 °С	28,5	16,4	16,0	12,1	3,5
при 20 °С	17,7	8,6	7,4	4,8	1,1
Дубильные вещества	5,1	4,4	2,7	1,2	...
Уроновые кислоты	7,6	4,2	3,9
Пентозаны	11,9	7,1	9,2	6,1	7,7
Зола	2,2	2,4	2,7	2,4	0,2

считается экономически эффективным (55 %). Наибольший вклад в конечную влажность отходов окорки вносит влагосодержание луба. Поэтому, с точки зрения комплексного и рационального использования древесного сырья, из отходов окорки следовало бы отделять лубяную фракцию перед сжиганием их в котельной. Такая операция существенно повысит тепловой эффект этого процесса.

С целью оценки отходов окорки как сырья для получения продуктов и полуфабрикатов бумажного производства выполнен химический анализ отдельных компонентов отходов окорки древесины ели (табл. 2), там же для сравнения приведен химический состав древесины ели.

Как следует из данных табл. 2, луб имеет более высокое содержание почти всех компонентов, за исключением лигнина, которого в лубе почти в 2 раза меньше, чем в корке.

Сравнение химического состава луба и древесины показывает, что целлюлозы в лубе в 1,5 раза меньше, чем в древесине, но в литературе отмечается отсутствие принципиальной разницы между качеством целлюлозы, содержащейся в коре и древесине [1]. Луб выгодно отличается значительной долей дубильных веществ.

В целом луб содержит меньше целлюлозы и лигнина по сравнению с древесиной, но значительно больше веществ, экстрагируемых органическими растворителями и водой. Соответственно, способы получения целлюлозы из древесины и волокнистого полуфабриката из луба должны быть различны, т.е. целесообразно раздельно использовать лубяную и корково-древесную части отходов окорки.

Для механического разделения отходов окорки использован аппарат ударного действия, разработанный в Санкт-Петербургском государственном технологическом университете растительных полимеров [2]. Преимуществом предлагаемого способа является проведение процесса без использования воды. После разделения в аппарате получают следующие продукты: лубяная фракция весьма высокого выхода с небольшой примесью древесины и корки, предлагаемая в качестве сырья для получения дубильного экстракта, ЛВП и кормовых дрожжей; мелкая корково-древесная фракция, предлагаемая, благодаря своей довольно низкой влажности, для сжигания с получением технологического пара. Следует отметить, что при таком способе разделения отходов окорки луб и корка (связанные) разделяются практически полностью. Примесь древесины в лубяной фракции составляет около 10 %,

что удовлетворяет требованиям к сырью второго сорта для дубильно-экстрактовой промышленности.

Кроме того, благодаря использованию разделения в потоке воздуха, происходит значительное подсушивание компонентов отходов окорки. Наибольшее снижение влажности по сравнению с исходной отмечено для мелкой корково-древесной фракции (в 3,0–3,5 раза). Это благоприятно влияет на эффективность процесса сжигания.

Предварительно проведенные исследования показали, что используемую для экстракции дубильных веществ лубяную фракцию следует измельчать до размеров 5 ... 20 мм. С целью достижения возможно более высокого выхода дубильных веществ при приемлемой доброкачественности дубильного экстракта проведена оптимизация условий экстракции луба в эксперименте по плану Бокса. Изучено влияние трех факторов: температуры, продолжительности экстракции и гидромодуля. В качестве выходных параметров выбраны выход дубильных веществ в экстракте и доброкачественность дубильного экстракта.

Установлены следующие параметры оптимального технологического режима получения дубильных экстрактов: температура экстракции 94 ... 95 °С; продолжительность экстракции 90 мин; гидромодуль 7 : 1. По разработанному оптимальному режиму проведена контрольная экстракция, результаты которой соответствуют расчетным, что указывает на соответствие математического описания реальному процессу.

Для сравнения по оптимальному режиму была проведена экстракция луба, отделенного вручную, а также лубяных фракций, полученных механическим разделением. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Как следует из данных табл. 3, из лубяной фракции, полученной путем механического разделения отходов окорки древесины, может быть получен дубильный экстракт с выходом таннидов 5 % от исходного сырья и доброкачественностью 40 %, отвечающий основным требованиям, предъявляемым к дубильным экстрактам.

Для повышения качества полученных дубильных экстрактов была предпринята попытка облагораживания и концентрирования их на ультрафильтрационной установке с ацетатцеллюлозной мембраной УАМ-50, что

Таблица 3

Характеристика дубильных экстрактов, полученных при оптимальных условиях экстракции

Сырье	Массовая доля луба в сырье, %	Содержание в экстракте				Доброкачественность, %
		таннидов		водорастворимых		
		г/л	% от исходного сырья	г/л	% от исходного сырья	
Луб, отделенный вручную	100	3,9	6,2	15,5	21,4	40,8
Лубяная фракция	73	2,8	4,9	10,3	17,9	37,8

после механического	74	2,8	4,9	10,5	18,0	37,8
отделения	76	2,9	5,0	10,0	17,3	40,8

Таблица 4

Характеристика дубильных экстрактов до и после ультрафильтрации на мембране УАМ-50

Показатели	Значения показателей для экстракта			
	из луба, отделенного вручную		из лубяной фракции после механического разделения	
	Исходный	Концентрированный	Исходный	Концентрированный
Содержание в экстракте, г/л:				
танинов	3,9	8,7	2,9	6,5
водорастворимых	15,5	19,2	10,0	13,3
Доброкачественность, %	40,8	45,2	40,8	48,9
pH	4,3	4,3	4,0	4,0

позволило повысить доброкачественность водных еловых экстрактов в среднем на 5 ... 8 %. Результаты приведены в табл. 4.

Полученные еловые экстракты были подвергнуты испытаниям, на основании которых определена пригодность их в качестве добавки к основным дубителям при дублении кож для обуви и соответствие их нормативным требованиям.

Следующая часть работы посвящена получению ЛВП путем безреагентной гидротермической обработки луба.

Исходные образцы: воздушно-сухой луб; влажный луб, т.е. при той влажности, при которой образуются отходы окорки на предприятии; лубяная фракция после механического разделения отходов окорки; одубина (остаток лубяной фракции после извлечения дубильных веществ).

С помощью математических методов планирования эксперимента установлены следующие оптимальные условия гидротермической обработки лубяной части отходов окорки древесины: конечная температура варки 145 ... 150 °С (для воздушно-сухого луба) и 140 ... 145 °С (для влажного луба); продолжительность подъема температуры до конечной – 1,5 ч; продолжительность варки на конечной температуре – 1,5 ч. Результаты варок представлены в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика образцов ЛВП, полученных при оптимальных условиях варки

Показатели	Значение показателей для ЛВП			
	из воздушно-сухого луба	из влажного луба	из лубяной фракции после механического разделения	из одубины
Выход, %:				
ЛВП	48,2	60,7	50,8	51,5
отходов сортирования	2,3	2,5	12,0	12,1
общий	50,5	63,2	62,8	63,6

Массовая доля в гидролизате РВ, %:				
до инверсии	1,67	1,79	1,30	1,20
после инверсии	2,50	2,80	2,54	2,23
Содержание сухих веществ, г/л	48,0	42,0	30,1	18,2
Продолжительность размола, мин	2,0	3,0	1,8	2,0
Степень помола, °ШР	52	58	60	59
Обезвоживаемость, с	69	97	100	96
Разрывная длина, м	4850	3550	3300	3500
Сопротивление:				
изгибу на 90 °	290	105	100	140
продавливанию, кПа	140	100	90	100
раздиранию, мН	130	100	95	95

Важнейшая особенность ЛВП – очень легкая размалываемость (при размоле в ЦРА степень помола 60 °ШР достигается через 2...3 мин; для сравнения, бисульфитная целлюлоза размалывается до 60 °ШР в 10–15 раз дольше).

Таким образом, варкой в водной среде получается ЛВП с выходом около 50 %, соответствующий по механической прочности термомеханической массе.

Полученные после гидротермической обработки (ГТО) луба и одубины гидролизаты были исследованы и испытаны на пригодность для выращивания кормовых дрожжей в лаборатории микробиологии ПермНИИБа. Результаты культивирования дрожжевой биомассы показали, что благоприятной средой для выращивания дрожжей являются все образцы гидролизатов, что подтверждается успешно проведенными опытными испытаниями.

Для характеристики процессов, протекающих при ГТО луба, исследован химический состав исходного сырья (луба) и ЛВП, полученного безреагентной варкой луба (табл. 6). Для сравнения там же приведен химический состав бисульфитной целлюлозы Камского ЦБК.

При проведении ГТО луба в ЛВП остаются практически неизменными целлюлоза, лигнин и трудногидролизуемые полисахариды. В раствор

Таблица 6

Химический состав ЛВП и бисульфитной целлюлозы

Показатели	Значения показателей			для целлюлозы
	для ЛВП			
	из влажного луба	из воздушно-сухого луба	из одубины	
Общий выход, %	61,6	50,8	63,6	–
Массовая доля в полуфабрикате, %:				
альфа-целлюлозы	78,0	78,1	81,7	84,9
бета-целлюлозы	9,9	13,8	7,5	6,6

гамма-целлюлозы	9,1	5,0	6,6	6,5
лигнина (по Комарову)	42,3	38,2	39,8	–
лигнина (смесь соляной и серной кислот)	29,6	28,3	29,0	4,0
зола	2,8	2,1	2,1	0,2
экстрактивных веществ	5,0	4,6	3,5	1,7
пентозанов	5,5	5,5	5,3	6,6
Содержание «вредной» смолы, мг/100г	19,5	18,2	11,5	21,5

переходят практически полностью водозэкстрактивные вещества, а также частично экстрактивные (смолистые) вещества и пентозаны.

Сравнение ЛВП и бисульфитной еловой целлюлозы показало, что последняя отличается более высоким содержанием альфа-целлюлозы и меньшим содержанием бета- и гамма-целлюлозы, характеризующих степень деструкции технической целлюлозы в процессе получения. Несмотря на то, что ЛВП получают без химикатов только гидротермической обработкой луба, данное различие объясняется, вероятно, структурой и составом исходных древесины и луба.

Массовая доля лигнина в ЛВП высокая, так как делигнификации луба не происходит.

Все образцы ЛВП отличаются от бисульфитной целлюлозы более высоким содержанием экстрактивных (смолистых) веществ, однако массовая доля «вредной» смолы во всех образцах ЛВП ниже, чем в целлюлозе. Это позволяет считать, что при использовании ЛВП в производстве бумаги смоляные затруднения будут менее значительны, чем в сульфитном производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гелес И.С., Коржицкая З.А., Агеева М.И. Некоторые направления использования коры и отходов окорки – М., 1981. – 56 с. (Целлюлоза, бумага, картон: Обзор. информ. / ВНИПИЭИлеспром; Вып. 11).

2. Хакимов Р.Х., Ермаков С.Г. К проблеме переработки древесных отходов. - Депонир. в ВИНТИ 24.04.97, № 1340 – В 97.

3. Хакимова Ф.Х., Ермаков С.Г. Поиск эффективных направлений использования отходов окорки древесины. - Депонир. в ВИНТИ 09.12.98, № 3631 – В 98.

Пермский государственный
технический университет

Поступила 01.04.02

S. G. Ermakov, F. Kh. Khakimova

**Technology Development of Complex Utilization
of Debarking Wastes (part 1)**

Method of dry separation of inner and outer bark from debarking wastes has been developed and proposed. The technology of complex utilization of spruce dry debarking wastes has been developed resulting in producing bark extract, fiber bast semi-finished product and nutrient yeast from the inner bark and burning the outer bark for producing process steam. Optimum operating practice for producing bark extract and fiber bast semi-finished product from the inner bark without using chemical agents has been set.
