

УДК 676.0

Е.С. Ширинкина

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

МИНИМИЗАЦИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Представлены результаты исследований потоков твердых отходов, образующихся в технологическом цикле ЦБП. Выполнен анализ технологий переработки и обезвреживания кородревесных отходов как основного потока твердых отходов ЦБП, обоснована рациональность применения термического метода для обезвреживания кородревесных отходов свежего выхода путем экспертной оценки и оценки рисков событий. Разработаны рекомендации по переработке скопа и кородревесных отходов длительного срока хранения. Представлена общая ресурсосберегающая схема обращения с кородревесными отходами.

Ключевые слова: кородревесные отходы, термическое обезвреживание, рекультивационный материал, компостирование.

Целлюлозно-бумажная промышленность России включает в себя предприятия, специализирующиеся на выпуске полуфабрикатов и готовой продукции как из первичного, так и из вторичного сырья. В зависимости от типа целевого продукта в качестве сырья используется древесина хвойных и лиственных пород, стебли однолетних растений, отходы хлопкового и текстильного производств, макулатура. Большие масштабы производственной деятельности предприятий целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП), использование устаревших технологий, не отвечающих принципам формирования малоотходного производства и не соответствующих наилучшим доступным технологиям, обуславливают возникновение существенной техногенной нагрузки на урбанизированных территориях.

В настоящее время в России выработка основной части продукции целлюлозно-бумажного производства связана с использованием первичного сырья – древесины хвойных и лиственных по-

род. Технология подготовки древесины к основному циклу производства приводит к образованию кородревесных отходов, которые, в случае отсутствия технологических решений по их переработке, размещаются в окружающей среде и негативно влияют на атмосферный воздух, водные объекты, почвы и подземные горизонты, в связи с чем актуальной является разработка экологически безопасной технологии по утилизации кородревесных отходов.

Анализ процессов образования отходов в технологическом цикле предприятия, специализирующегося на выпуске газетной и оберточной бумаги с использованием древесины хвойных пород в качестве сырья, показал, что на долю отходов коры приходится порядка 60–70 % общего тоннажа образующихся твердых отходов (рис. 1) [1].

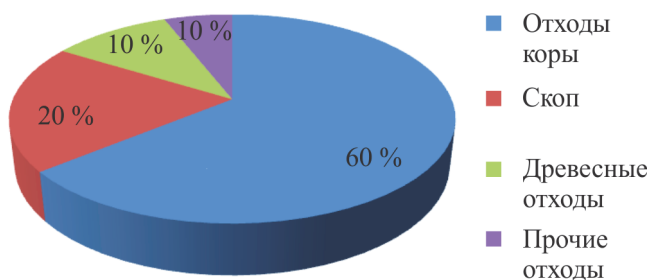


Рис. 1. Объемы образования отходов на предприятии, специализирующемся на производстве продукции из первичного сырья

На основании качественной и количественной оценки потоков твердых отходов был выполнен анализ существующих технологий их обезвреживания и переработки.

В ходе анализа было установлено, что существуют следующие основные группы методов, пригодных для применения в области обращения с кородревесными отходами: термические, химические, биологические.

Термические методы представлены технологиями сжигания, пиролиза и газификации. Сжигание осуществляется в присутствии кислорода воздуха в печах различной конструкции. В зависимости от способа организации технологического процесса выделяют прямое сжигание и сжигание в «кипящем слое», создаваемом путем подачи воздуха через слой инертного материала.

Тепло, выделяющееся в результате сжигания кородревесных отходов, используется для производства технологического пара или подогрева воды. В результате процесса образуется зола, содержащая в своем составе в основном карбонаты щелочных и щелочно-земельных элементов и подлежащая дальнейшей утилизации.

Процесс пиролиза кородревесных отходов реализуется в печах различных конструкций непрерывного и периодического действия и заключается в термическом обезвреживании отходов без доступа воздуха, в результате процесса образуется твердый остаток – древесный уголь, который может быть реализован как товарный продукт. Кроме того, полученный в ходе пиролиза древесный уголь можно активировать с применением парогазовых и химических способов. В качестве реагентов при активации древесного угля наиболее часто используют водяной пар и диоксид углерода. Обработка угля-сырца производится в печах различной конструкции (шахтных, вращающихся, многополочных).

Газификация кородревесных отходов используется с целью получения древесного (генераторного) газа, используемого в дизель-электрических агрегатах при производстве тепловой и электрической энергии.

Основными химическими методами переработки кородревесных отходов являются экстракция и гидролиз. В ходе экстракции из коры хвойных пород деревьев извлекают хвойный воск и дубильные вещества. В качестве экстрагентов используют органические растворители (гексан, изопропанол) и вода.

В ходе гидролиза кородревесных отходов в присутствии катализаторов (кислых солей, минеральных кислот) получают различные пищевые, кормовые и технические продукты (спирты, дрожжи, диоксид углерода).

В основе биологических методов переработки кородревесных отходов лежит процесс компостирования, реализуемый в полевых условиях и биореакторах различного типа (биобарабаны, биотуннели и др.) с получением удобрений, мелиорантов, рекультивационных материалов. Подготовка кородревесных отходов к биологическому разложению осуществляется путем их предварительного измельчения и внесения различных добавок в зависимости от вида планируемого целевого продукта. С целью обогащения

кородревесных отходов азотом и фосфором возможна предварительная их обработка мочевиной, карбонатами кальция, фосфатами, цеолиты, после чего полученный материал размещается в компостных буртах. С целью корректировки pH готового продукта возможно внесение извести или золы в компостный бурт.

Данные, полученные в ходе анализа технологий, использовались в процессе принятия решения по выбору наиболее рациональной технологической схемы переработки кородревесных отходов.

Принятие решения по выбору технологии производилось в несколько этапов. На первом этапе были разработаны группы критериев, которым должна по возможности соответствовать применяемая технология:

- технологические критерии (возможность переработки всего основного потока образующихся на предприятии отходов, сезонность производства работ при реализации технологии, потребность в ресурсах, надежность оборудования, сложность аппаратного оформления);
- организационно-правовые (наличие сертификатов на оборудование, наличие технологических регламентов, наличие положительных заключений экспертиз и пр.);
- экономические (величина капитальных и эксплуатационных затрат, возможность получения товарного продукта);
- экологические (воздействие на объекты окружающей среды, вероятность возникновения аварийных ситуаций).

На втором этапе разработанные критерии оценивались по степени значимости с помощью метода Парето, после чего группой экспертов выполнялось сравнение технологий между собой по степени соответствия выбранным критериям методом парного сравнения.

По результатам парного сравнения каждой технологии присваивали ранговый коэффициент по каждому критерию и суммарный ранговый коэффициент на основании данных по всем критериям. Определенные в ходе экспертной оценки для каждой технологии итоговые ранговые коэффициенты использовались для выявления технологии, соответствующей в наибольшей степени комплексу разработанных критериев.

На третьем этапе выполнялась оценка технологии, получившей наибольший ранговый коэффициент, а также технологий, отклонение ранговых коэффициентов которых от наиболь-

шего составило менее 5 %. Группой экспертов проводился анализ соответствия между внешними возможностями и внутренними сильными сторонами, выявления внешних угроз и внутренних слабых сторон технологий переработки кородревесных отходов, посредством SWOT-анализа.

Выявление рисков, а также последующая эколого-экономическая оценка технологий показали, что наиболее рациональным способом обезвреживания кородревесных отходов свежего выхода является их термическое обезвреживание путем сжигания с получением тепла, которое может быть утилизировано при нагреве воды или производстве технологического пара, использующихся для производственных нужд предприятия.

Ограничивающим фактором применения термического метода является влажность отходов, поступающих на обезвреживания. В ходе исследований теплотворной способности коры различной влажности была получена зависимость, представленная на рис. 2.

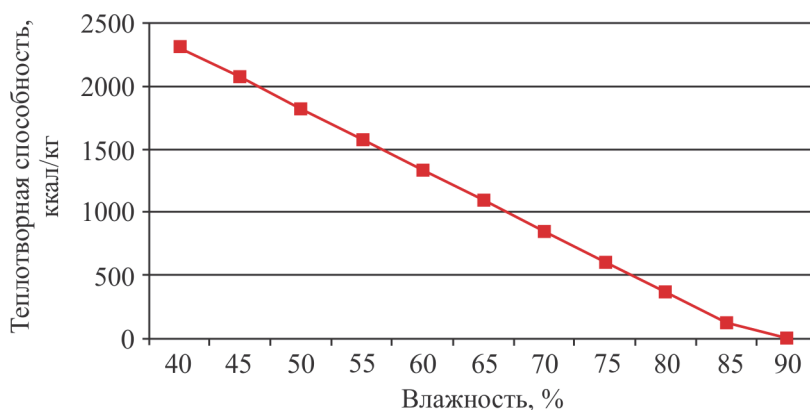


Рис. 2. Зависимость теплотворной способности кородревесных отходов от влажности

Как видно из представленных данных, эффективная утилизация кородревесных отходов термическими способами с получением тепловой энергии или технологического пара на производственные нужды возможна только в случае, если влажность отходов будет составлять не более 60 %. Следовательно, термические методы обезвреживания неприменимы к кородревесным отходам длительного срока хранения (ДОДСХ), накопленным на короот-

валах. Кроме того, высокой влажностью в общем потоке кородревесных отходов обладает скоп, представляющий собой осадок сточных вод, состоящий из волокна и активного ила.

Применение механических методов обезвоживания скопа (фильтр-прессы, вакуум-фильтры, центрифуги) позволяет добиться влажности не более 60 %. Таким образом, термическое обезвреживание скопа совместно с остальным потоком кородревесных отходов возможно только после стадии механического обезвоживания.

При внедрении технологии термического обезвреживания в ходе опытно-промышленных испытаний определяется необходимое соотношение коры, опила, древесных кусковых отходов и скопа с целью обеспечения оптимальных условий проведения процесса. В случае, если в ходе опытно-промышленных испытаний будет установлено отсутствие возможности обезвреживания всего объема образующегося скопа, возможна разработка дополнительных технологических решений по его переработке.

В ходе анализа научно-технической информации и в процессе экспериментальных исследований была установлена возможность использования скопа в качестве выгорающей добавки при производстве керамического кирпича. Введение скопа в керамическую массу обеспечивает формирование пор в изделии, что улучшает их теплоизолирующую способность. В процессе сушки и обжига скоп выгорает, выделяя дополнительное количество тепла, распределяется по всему объему кирпича, обеспечивая равномерность нагрева, снижая чувствительность глины к сушке.

ДОДСХ, накопленные в короотвалах, могут быть переработаны путем экскавации с последующим компостированием в компостных буртах с целью обеспечения более полного микробиологического разложения кородревесной массы.

Специалистами кафедры охраны окружающей среды Пермского национального исследовательского политехнического университета была разработана технология и технические условия на получение рекультивационного материала из коры длительного срока хранения ОАО «Соликамскбумпром»^{*}. Дополнительная микробиологическая переработка ДОДСХ обеспечит получение

^{*} ТУ 571270-003-55059747–2009 «Материал для рекультивации и обустройства территорий на основе коры длительного срока хранения».

однородной гумусоподобной массы, содержащей необходимые растениям биогенные элементы. В дальнейшем полученный продукт может быть использован в качестве рекультивационного материала, применяемого в качестве промежуточной изоляции отходов на полигонах захоронения, технической рекультивации нарушенных земель и промышленных объектов, для благоустройства территорий или удобрения, применяемого для улучшения структуры верхнего почвенного горизонта и оказания стимулирующего действия на рост и развитие растений.

В процессе термического обезвреживания кородревесных отходов свежего выхода образуются пылегазовые выбросы, для обезвреживания которых совместно с комплектом основного технологического оборудования поставляются высокоэффективные установки многоступенчатой очистки, обеспечивающие снижение концентраций вредных примесей до нормативных значений. Выделяющаяся в ходе термического процесса тепловая энергия в дальнейшем утилизируется при производстве технологического пара или при нагреве воды для производственных нужд. Единственной не решенной проблемой термического обезвреживания остается проблема обращения с образующейся золой, состоящей в основном из карбонатов щелочных и щелочно-земельных элементов и являющейся отходом 4-го класса опасности.

В ходе исследований, проведенных совместно со специалистами Уральского государственного лесотехнического университета, было установлено, что зола, образующаяся в результате термического обезвреживания кородревесных отходов свежего выхода, может быть использована в качестве минерального удобрения.

В ходе исследования физико-химических свойств золы было установлено, что она может также использоваться в качестве отощающей добавки к керамическому кирпичу, использующейся с целью уменьшения усадки кирпича при обжиге, исключения трещинообразования и деформаций в случае применения жирных пластичных глин.

По результатам оценки различных технологий обезвреживания основного потока отходов ЦБП с точки зрения технологических, экономических и экологических критериев, была предложена ресурсосберегающая схема обращения с отходами ЦБП, представленная на рис. 3.

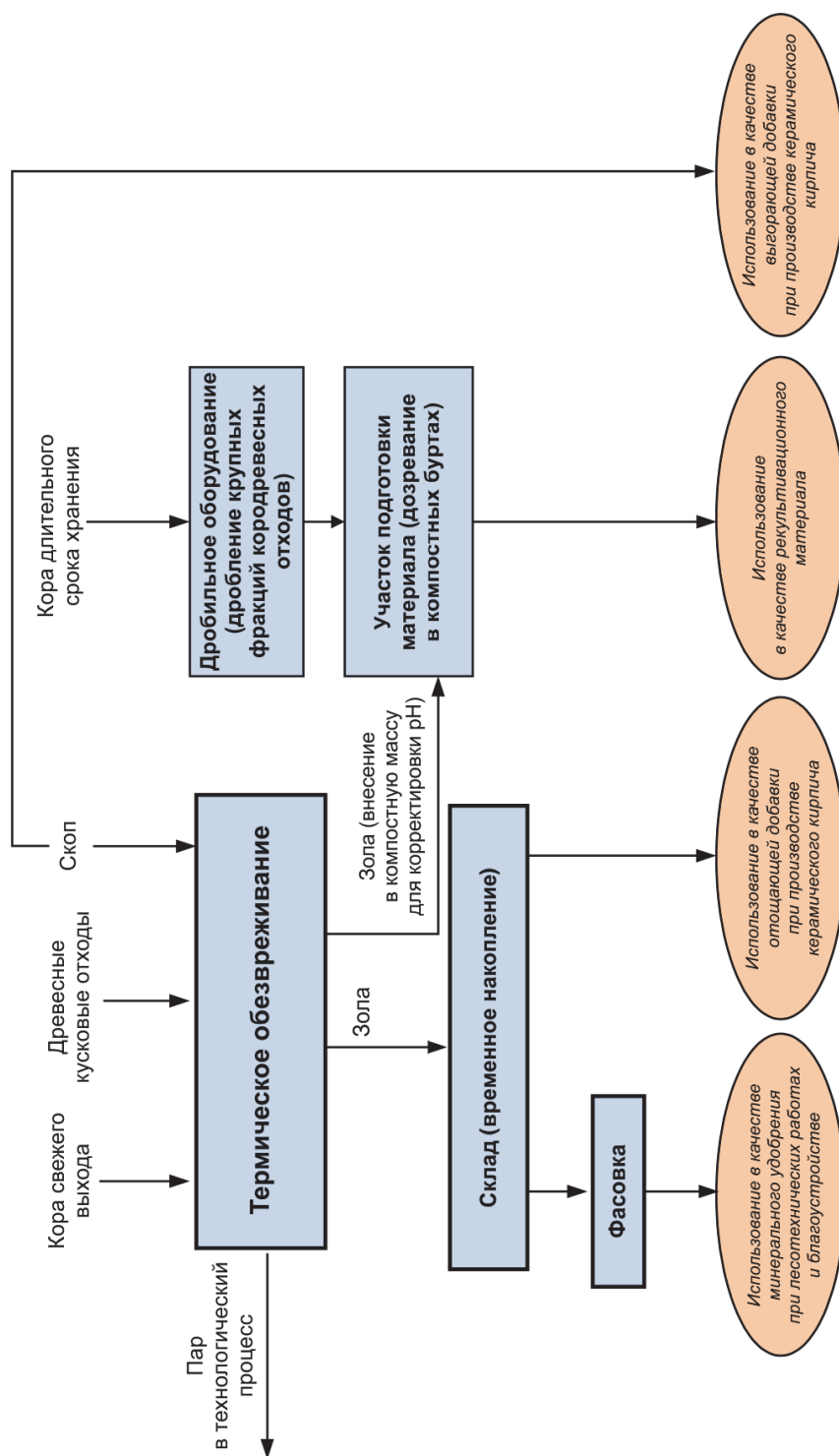


Рис. 3. Ресурсосберегающая схема обращения с отходами ЦБП

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В ходе переработки первичного сырья в товарную продукцию на предприятиях ЦБП образуются твердые отходы, состоящие в основном из коры (60–70 мас. %), размещаемой на короотвалах. Технология размещения кородревесных отходов в окружающей среде связана с техногенными рисками из-за неконтролируемого поступления загрязняющих веществ в объекты окружающей среды.

2. С целью подбора оптимального технологического решения по переработке кородревесных отходов был выполнен анализ технологий, соответствующих принципам наилучших доступных технологий, и произведена разработка комплексных критериев их оценки. В ходе оценки технологий группой экспертов на основании разработанных критериев и последующего анализа рисков событий были сделаны выводы о целесообразности применения термического метода при утилизации кородревесных отходов свежего выхода.

3. Анализ процесса термического обезвреживания кородревесных отходов показал, что данный метод может применяться к отходам с влажностью не более 60 %, поэтому в случае отсутствия технической возможности обезвреживания всего объема скопа были разработаны рекомендации по его утилизации путем использования в качестве выгорающей добавки к керамическому кирпичу.

4. Исследованиями экологической безопасности технологии термического обезвреживания кородревесных отходов было установлено, что проблема очистки пылегазовых выбросов и утилизации тепловой энергии полностью решена, однако существует проблема обращения с твердым остатком в виде золы, состоящей из карбонатов щелочных и щелочно-земельных элементов. В ходе исследований в полевых условиях и на основании анализа научно-технической информации была установлена возможность применения золы в качестве минерального удобрения и отощающей добавки при производстве керамического кирпича.

5. На основании результатов исследования была разработана ресурсосберегающая схема обращения с кородревесными отходами, обеспечивающая максимальное использование их ресурсного

потенциала и минимизацию их негативного воздействия на объекты окружающей среды.

Библиографический список

1. Анализ технологических аспектов образования отходов на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности / О.Н. Курило, Ю.В. Куликова, Е.С. Ширинкина, Я.И. Вайсман // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. – 2013. – № 4 (12). – С. 97–108.
2. Варфоломеев Л.А. Приготовление промышленных компостов на основе твердых отходов деревообработки. – М., 1992. – 52 с.
3. Компостирование твердых органических отходов производства и потребления. Вермикомпостирование: моногр. / под ред. Я.И Вайсмана. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 557 с.
4. Коротаев В.Н., Жилинская Я.А., Ширинкина Е.С. Технологические подходы к использованию продуктов механобиологической переработки отходов для рекультивации нарушенных земель на урбанизированных территориях // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 6 – С. 9–14.

References

1. Kurilo O.N., Kulikova Yu.V., Shirinkina E.S., Vaysman Ya.I. Analiz tekhnologicheskikh aspektov obrazovaniya otkhodov na predpriyatiyakh tsellulozno-bumazhnoy promiyshlennosti [Analysis of the technological aspects of waste production in the pulp and paper industry]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatelskogo polytehnicheskogo universiteta. Urbanistika*, 2013, no. 4 (12), pp. 98–108.
2. Varfolomeev L.A. Prigotovlenie promyshlennykh kompostov na osnove tverdykh otkhodov derevoobrabotki [Preparation of industrial composts on the basis of solid wood waste]. Moscow, 1992. 52 p.
3. Kompostirovanie tverdykh organicheskikh otkhodov proizvodstva i potrebleniya. Vermikompostirovanie [Composting of production and consumption organic waste]. Ed. by Ya.I. Waysman. *Permskiy gosudarstvenniy tekhnicheskiiy universitet*, 2010. 557 p.
4. Korotaev V.N., Znilinskaya Ya. A., Shirinkina E.S. Tekhnologicheskie podkody k ispolzovaniyu produktov mekhanobiologicheskoy pererabotki otkhodov dlya rekultivatsii narushenykh zemel na urbanizirovannykh territoriyakh [Technological approaches to the use of mechanical-biological waste treatment products for land reclamation in urban areas]. *Zaschita okruzhayuschey sredi v neftegazovom komplekse*, 2010, no.6, pp. 9–14.

Получено 26.05.2014

E. Shirinkina

**MINIMIZING THE NEGATIVE IMPACT
OF PULP AND PAPER INDUSTRY BARK
AND WOOD WASTE ON THE ENVIRONMENT**

The paper presents the results of research flow of solid waste generated in the pulp and paper manufacturing cycle. The analysis of technologies for processing and disposal of bark and wood waste as the main solid waste stream of pulp and paper industry is made. Applying of thermal method for fresh bark and wood waste treatment in a basis of expert and risk assessment is justified. Recommendation for sludge, bark and wood waste of long term storage period treatment and general scheme for bark and wood waste management are developed.

Keywords: bark and wood wastes, thermal treatment, remediation material, composting.

Ширинкина Екатерина Сергеевна (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: eco@pstu.ru).

Shirinkina Ekaterina (Perm, Russia) – Ph.D. in of Technical Sciences, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: eco@pstu.ru).