

УДК 676.0

**О.Н. Курило, Е.С. Ширинкина, Я.И. Вайсман**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия

## **СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА КОРЫ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ХРАНЕНИЯ**

Представлены результаты исследований свойств отходов коры длительного срока хранения, включающих определение их химического состава и фитотоксичности в отношении высших растений. На основании полученных результатов предложен способ использования ресурсного потенциала кородревесных отходов, накопленных на специализированных объектах захоронения, в качестве рекультивационных материалов, мелиорантов и удобрений.

**Ключевые слова:** ресурсный потенциал, рекультивационный материал, удобрение, мелиорант, фитотоксичность, кородревесные отходы длительного срока хранения.

**O.N. Kurilo, E.S. Shirinkina, Ia.I. Vaisman**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

## **METHOD OF BARK AND WOOD WASTE'S RESOURCE POTENTIAL USE**

The article presents the research results of pulp and paper industry waste properties, including chemical composition and phytotoxicity for the plants.

Based on these results, the method of bark waste resource potential use as ameliorator, fertilizer and remediation material was provided.

**Keywords:** resource potential, remediation material, fertilizer, ameliorator, phytotoxicity, bark and wood waste of long-term storage.

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) является одной из основных промышленных отраслей в Российской Федерации. Масштабность производства предприятий ЦБП обуславливает возникновение точек экологической напряженности в связи с образованием многотоннажных отходов в процессе переработки сырья.

На стадиях окорки и распиловки древесины образуется большое количество кородревесных отходов, основным способом обращения с которыми длительное время оставалось размещение в окружающей среде на специализированных сооружениях – короотвалах. Техногенная опасность короотвалов обусловлена необходимостью изъятия земельных ресурсов, пожароопасностью, эмиссиями в атмосферный воздух, почвы и водные объекты. В свою очередь, кородревесные отходы,

накопленные в короотвалах, обладают ресурсным потенциалом, использование которого могло бы уменьшить изъятие первичных сырьевых ресурсов. В связи с этим актуальной является задача снижения техногенной опасности объектов размещения кородревесных отходов путем использования ресурсного потенциала коры длительного срока хранения (ДОДСХ).

С целью получения исходных данных для разработки технологии использования ресурсного потенциала ДОДСХ был выбран объект захоронения кородревесных отходов ОАО «Соликамскбумром», представляющий собой навал кородревесных отходов высотой около 20 м [1].

На первом этапе исследований на объекте были отобраны пробы коры разного срока хранения (от 0–3 лет; от 3–5 лет; от 5–10 лет; более 10 лет). Отбор проб производили методом конверта, затем объединенная проба массой не менее 1 кг составлялась путем смешения точечных проб.

Отобранные пробы подвергались исследованиям на содержание опасных и биогенных элементов, результаты которых представлены в табл. 1.

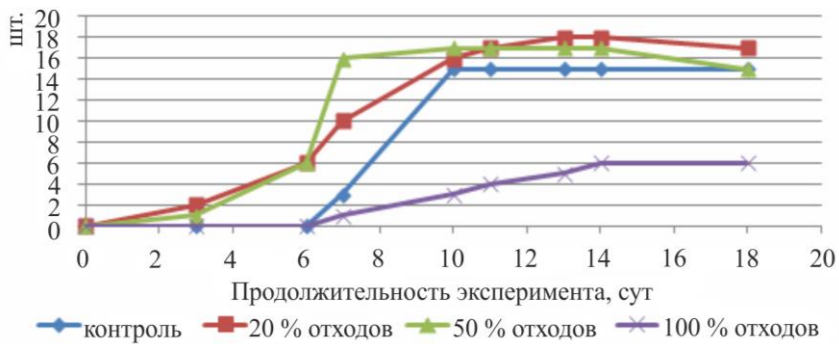
В ходе исследований состава и свойств кородревесных отходов (см. табл. 1) было установлено наличие биогенных компонентов: азота, фосфора, калия, низкое содержание токсичных компонентов, высокое содержание органического вещества. Содержание компонентов в составе кородревесных отходов различного срока хранения сравнивали с требованиями к компосту из справочной литературы [2, 3] и ГН 2.1.7.2041–06, устанавливающими требования к содержанию химических веществ в почвах.

На основании полученных данных было сделано предположение о возможности использования кородревесных отходов длительного срока хранения в лесотехнических целях, при проведении рекультивации и озеленения территорий.

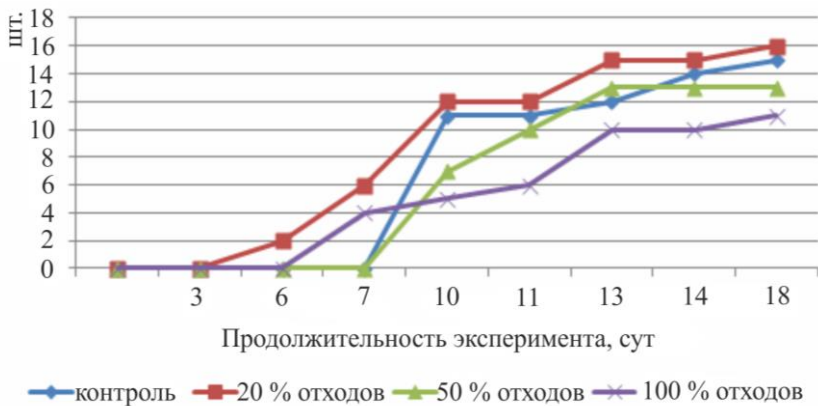
Дальнейшие исследования кородревесных отходов проводились на основании методики ГОСТ Р ИСО 22030–2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений, в основе которой лежит определение угнетения почвами роста и размножения высших растений в контролируемых условиях». На начальном этапе эксперимента определялось предельное содержание кородревесных отходов в почвенной смеси, выше которого

происходит подавление роста растений. В исследованиях использовались семена овса (*Avena sativa*) – 20 шт. и горчицы белой (*Sinapis alba*) – 20 шт. В качестве контроля использовалась проба подзолистой почвы. Приготовление почвенных смесей производили с использованием коры свежего выхода в следующих соотношениях с контрольной почвой по массе: 20 % – коры, 80 % – подзолистой почвы; 50 % – коры, 50 % – подзолистой почвы; 100 % коры.

Результаты исследований представлены на рис. 1, 2.



а



б

Рис. 1. Характеристика прорастания семян в исследуемых почвенных смесях: а – семена горчицы белой (*Sinapis alba*); б – семена овса (*Avena sativa*)



Рис. 2. Развитие тест-растений в почвенных смесях

Как видно из представленных данных, при достижении содержания коры в почвенной смеси свыше 50 мас. % наблюдалось уменьшение всхожести и замедление роста тест-растений. В связи с этим основной этап исследований по определению хронической фитотоксичности осуществляли с использованием почвенной смеси, состоящей из кородревесных отходов и контрольной почвы в соотношении 50 % : 50 %.

Таблица 1

**Химический состав кородревесных отходов различного срока хранения**

Наименование показателя	Результаты испытаний						Нормативное значение
	кора свежего выхода	0–3 лет	3–5 лет	5–10 лет	более 10 лет	скоп	
Азот общий, мас. %	0,015	0,008	0,020	0,015	0,550	0,015	не менее 0,5
Фосфор общий, мас. %	0,045	0,035	0,045	0,045	0,115	0,050	не менее 0,4
Калий общий, мас. %	0,060	0,015	0,030	0,015	0,040	0,015	не менее 0,3
Азот нитратный, мг/кг	4,10	3,00	2,30	1,00	1,40	28,00	130*
Фосфор водорастворимый, мг/кг	4,40	3,00	3,20	2,00	0,8	4,20	200*
Калий водорастворимый, мг/кг	41,0	14,00	25	11,00	3,00	8,00	–
Медь, мг/кг	0,5	1,3	0,5	1,3	1,0	10,0	не более 300
Цинк, мг/кг	27,0	41,0	27,0	57,0	42,0	84,0	не более 500
Кадмий, мг/кг	0,0	0,3	0,4	0,6	0,6	0,7	не более 200
Свинец, мг/кг	5,0	7,0	8,0	8,0	8,0	12,0	не более 200
Ртуть, мг/кг	0,0004	–	–	–	–	–	не более 2,1
Органическое вещество, мас. %	92,62	78,62	90,32	77,4	51,2	88,58	не менее 50 %

\* Нормативное содержание для почв сельскохозяйственного назначения по ГН 2.1.7.2041–06.

В ходе основной части эксперимента было подготовлено шесть почвенных смесей. Каждая почвенная смесь исследовалась в трех повторностях для каждого тест-растения. После заполнения вегетационных сосудов смесями проводили высаживание десяти семян тест-растений на каждую повторность. Заделка семян *Sinapis alba* осуществлялась в лунки глубиной 5–10 мм, для семян *Avena sativa* готовили лунки глубиной 10–15 мм. В каждую лунку помещали по одному семени с помощью пинцета и тщательно заравнивали почву.

Сразу же после внесения семян почву увлажняли путем фитильного полива. Влияние неравномерности освещения, температуры, влажности и прочих условий на тест-растения компенсировалось путем регулярного переставления сосудов случайным образом через равные промежутки времени, не реже двух раз в неделю.

В соответствии с методикой проведения эксперимента (ГОСТ Р ИСО 22030–2009) через 14 дней после появления первых всходов часть растений срезали на уровне почвы, выбор растений осуществлялся случайным образом (табл. 2, рис. 3).

В каждой повторности оставляли четыре растения для окончательного сбора. Сразу же после срезания растений определяли количество сырой массы на одно растение в каждой повторности, процент живых растений, число поврежденных (пожелтевших, увядших и т.д.) растений (визуально).

Таблица 2

**Биомасса ростков горчицы и овса на одно растение  
(срез через 14 дней), соотношение кородревесных отходов  
и контрольной почвы в смесях 50 % : 50 %**

Наименование пробы	Биомасса ростков горчицы на 1 растение, г	Биомасса ростков овса на 1 растение, г
Кора после короотжимных прессов (свежий выход) + почва подзолистая	0,06	0,07
Скоп (свежего выхода) + почва подзолистая	0,05	0,08
Кора (0–3 года) + почва подзолистая	0,08	0,10
Кора 3–5 + почва подзолистая	0,07	0,13
Кора 5–10 лет + почва подзолистая	0,07	0,11
Кора более 10 + почва подзолистая	0,06	0,09
Почва подзолистая	0,05	0,11

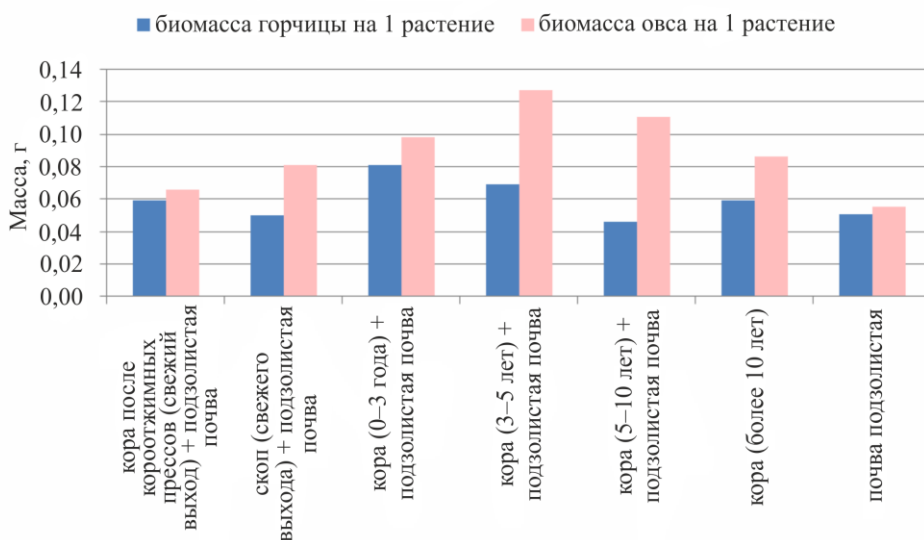


Рис. 3. Биомасса ростков горчицы и овса на 1 растение (срез через 14 дней)

Как видно из представленных данных, прирост биомассы горчицы белой в почвенных смесях, содержащих кору длительного срока хранения (50 мас. %), превысил прирост биомассы горчицы белой в контрольной почве. Максимальный прирост биомассы овса был получен для почвенной смеси, содержащей 50 мас. % коры 3–5 лет. Прирост биомассы овса для смесей, содержащих кородревесные отходы 0–3 лет, ниже прироста биомассы овса в контрольной почве на 10 мас. %, прирост биомассы для почвенной смеси, содержащей кору 5–10 лет, равен приросту биомассы овса в контрольном образце почвы.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что кородревесные отходы длительного срока хранения – от 3–10 лет – содержат максимальное количество биогенных элементов, необходимых растениям, что было подтверждено предварительными исследованиями химического состава проб кородревесных отходов (см. табл. 1).

Проведенный комплекс исследований, включающий определение химического состава кородревесных отходов и изучение хронической фитотоксичности в отношении высших растений (определение параметров развития тест-растений), показал принципиальную возможность использования кородревесных отходов при лесовосстановлении, благоустройстве и озеленении территорий в качестве рекультивационного материала или удобрения.

На основе результатов исследований была разработана технологическая схема, реализация которой обеспечит снижение техногенной нагрузки короотвала на объекты окружающей среды и использование ресурсного потенциала коры длительного срока хранения (рис. 4).



Рис. 4. Технологическая схема использования кородревесных отходов

В зависимости от направления использования целесообразно получение двух потоков готовых продуктов. В соответствии с технологией, представленной на рис. 4, отходы, накопленные на короотвале, после экскавации подвергаются измельчению на дробилке-измельчителе, затем они могут использоваться в качестве рекультивационного материала или мелиоранта. С целью получения удобрения на основе кородревесных отходов необходимо дополнительное введение биогенных элементов с последующим полевым компостированием полученной смеси. Готовый компост складывается на участке временного хранения, после чего поступает потребителю.

В ходе исследования состава и свойств кородревесных отходов было установлено:

1. Кородревесные отходы длительного срока хранения не фитотоксичны, содержат в своем составе биогенные элементы: азот, фосфор, калий. Содержание токсичных компонентов не превышает допустимых норм.

2. В зависимости от направления использования целесообразно получение двух типов товарных продуктов: рекультивационных материалов или мелиорантов, предназначенных для восстановления нарушенных территорий, улучшения механической структуры почв и органико-минеральных удобрений, обогащенных биогенными элементами.

3. Представленная технологическая схема разработки короотвала с использованием ДОДСХ позволит не только минимизировать техногенную нагрузку объекта на окружающую среду, но и использовать ресурсный потенциал накопленных на короотвале отходов.

4. В случае экономической нецелесообразности разработки короотвала, в частности в связи с отсутствием потребителя конечного продукта, рекомендуется проводить рекультивационные работы на объекте с целью предотвращения неконтролируемых эмиссий в окружающую среду.

### Список литературы

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. Компостирование твердых органических отходов производства и потребления. Вермикомпостирование: монография / под. ред. Я.И. Вайсмана. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010 – 557 с.

3. Коротаев В.Н., Жилинская Я.А., Ширинкина Е.С. Технологические подходы к использованию продуктов механо-биологической 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., Vaisman Ia.I. Analiz tekhnologicheskikh aspektov obrazovaniia otkhodov na predpriatiiakh tseliulozno-bumazhnoi promyshlennosti [Analysis of the technological aspects of waste production in the pulp and paper industry]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Urbanistka*, 2013, no. 4 (12), pp. 98-108.



2. Kompostirovanie tverdykh organicheskikh otkhodov proizvodstva i potrebleniia. Vermikompostirovanie [Composting of production and consumption organic waste]. Ed. Ia.I. Vaisman. Perm: Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2010, 557 p.

3. Korotaev V.N., Zhilinskaia Ia.A., Shirinkina E.S. Tekhnologicheskie podkhody k ispol'zovaniiu produktov mekhano-biologicheskoi pererabotki otkhodov dlia rekul'tivatsii narushennykh zemel' na urbanizirovannykh territoriakh [Technological approaches to the use of mechanical-biological waste treatment products for land reclamation in urban areas]. *Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2010, no. 6, pp. 9-14.

Получено 13.08.2014

### Об авторах

**Курило Ольга Николаевна** (Пермь, Россия) – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29).

**Ширинкина Екатерина Сергеевна** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: Shirinkina-e@eco.pstu.ac.ru).

**Вайсман Яков Иосифович** (Пермь, Россия) – доктор медицинских наук, профессор кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29).

### About the authors

**Kurilo Olga Nikolaevna** (Perm, Russian Federation) – Doctoral Student, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation).

**Shirinkina Ekaterina Sergeevna** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: Shirinkina-e@eco.pstu.ac.ru).

**Vaisman Iakov Iosifovich** (Perm, Russian Federation) – Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation).