

УДК 630*232.32

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ДРЕВЕСНО-ТОРФЯНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ИЛИ ДРЕВЕСНОГО КОМПОСТА

Н. П. Яловая¹, Ю. С. Дордюк²

¹ К. т. н., доцент, проректор по воспитательной работе, УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: yalnat@yandex.by

² К. т. н., доцент, заведующий кафедрой экономики и организации строительства, УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: jul4onka@mail.ru

Реферат

В статье представлен анализ использования мобильной дробилки (кустореза) «Bobcat» на базе погрузчика «Bobcat» с бортовым поворотом S770 для получения древесно-торфяных отходов с высоким содержанием органических веществ, пригодных для использования в качестве топлива или древесного компоста. Представлены результаты дисперсного состава проб, состоящих из древесной щепы и торфа. Выполнены измерения кислотности, содержания влаги, минерального состава и органических веществ образцов исследуемых древесно-торфяных отходов.

Ключевые слова: древесина, древесно-торфяные отходы, компост, мобильная дробилка.

RESEARCH OF THE COMPOSITION OF WOOD AND PEAT WASTE FOR USE AS FUEL OR WOOD COMPOST

N. P. Yalavaya, Yu. S. Dardziuk

Abstract

The article presents an analysis of the use of the Bobcat mobile crusher (brush cutter) based on the Bobcat S770 skid steer loader to produce wood and peat waste with a high content of organic substances, suitable for use as fuel or wood compost. The results of the dispersed composition of samples consisting of wood chips and peat are presented. Measurements of acidity, moisture content, mineral composition and organic matter of samples of the studied wood and peat waste were carried out.

Keywords: wood, wood and peat waste, compost, mobile crusher.

Введение

Повышение эффективности использования отходов древесины является важной проблемой для Республики Беларусь, так как в процессе заготовки леса и изготовления изделий из нее отходов остается существенное количество. В процессе заготовки около 20 % древесины попадает в древесные отходы. Отходами заготовки древесины считаются корневища, сучья, кора и хвоя деревьев.

Значительная часть древесных отходов так и остается невостребованной и способствует загрязнению компонентов окружающей среды. Данные отходы чаще всего остаются в местах заготовки древесного сырья или подлежат захоронению. Вместе с тем эти отходы обладают рядом ценных потребительских характеристик, позволяющих их использовать в качестве топлива при благоустройстве, в садоводстве, ландшафтном дизайне и различных отраслях промышленности.

Материалы и методы

Основными источниками образования древесных отходов являются различные лесопромышленные комплексы и деревоперерабатывающие предприятия. Древесные отходы образуются в большом количестве практически на всех стадиях технологического процесса: лесозаготовки, лесопиления и деревообработки, которые могут использоваться в виде вторичных древесных ресурсов в различных отраслях промышленности Республики Беларусь.

Образующиеся древесные отходы можно классифицировать:

- по сортименту исходного сырья (отходы пиломатериалов, отходы фанеры и древесноволокнистых плит, отходы древесностружечных плит);
- по влажности (сухие – до 15 %, полусухие – 16–30 %, влажные – 31 % и выше, сверхвлажные – 100 % и выше);
- по форме и размеру частиц (кусковые, мягкие);
- по стадийности обработки (первичные, вторичные).

Согласно СТБ 1867-2017 [1] к отходам, полученным в процессе лесозаготовки, относятся вершина, ветви, козырек, кора, отрезки хлыстов, откомлевка, пневая древесина, сучья.

К отходам, полученным в процессе лесопиления и деревообработки, относятся: горбыль, древесная пыль, древесная стружка, ка-

рандаш, кора, обрезки шпона, опилки, отрезки пиломатериалов, отсруг.

Согласно Общегосударственному классификатору Республики Беларусь ОКРБ 021-2019 [2] для древесных отходов выделен отдельный раздел 7 «Древесные отходы», который в свою очередь подразделяется на группы: 1 – «Отходы обработки и переработки древесины» (52 наименования отходов), 2 – «Древесные отходы производства и потребления» (24 наименования отходов) и 3 – «Древесные отходы, полученные в процессе лесозаготовки» (5 наименований отходов).

Количество отходов деревообрабатывающих производств зависит от качества поставляемого сырья, типа и размера изготавливаемой продукции, технической оснащенности предприятия и его мощности и составляет 45–63 % исходного сырья (пиломатериалов, фанеры).

Вместе с тем, древесные отходы, остающиеся при обработке древесного сырья, – материал, используемый во многих производствах. Их применяют:

– **для энергетики:** в связи с прогрессирующим истощением ресурсов нефти и газа и все большими трудностями освоения их новых месторождений в последние годы ведутся интенсивные разработки технологии превращения различных видов биомассы (в том числе отходов сельскохозяйственного производства и древесины) в топливо. Потребление биомассы в ряде стран в качестве топлива заметно увеличивается. При применении биомассы в качестве топлива всегда требуется измельчение и сушка сырья, так как влажность более 50 % приводит к снижению теплоты сгорания. Например, опилки, стружки, кору подвергают механической обработке на червячном прессе с пресс-формой. Во время прессования отходы нагреваются и избыток влаги удаляется. Готовая продукция непрерывно выходит из трубчатой пресс-формы. Отходы древесины и других видов растительного сырья обычно содержат небольшие количества серы, что, в отличие от угля и нефти, гарантирует невысокую (значительно ниже существующих норм) токсичность образующихся отходящих газов;

– **в сельском хозяйстве:** различные отходы древесного и другого вида сырья можно использовать для производства удобрений мно-

гоцелевого назначения. Способы переработки этих отходов базируются на микробиологических принципах с использованием природных бактерий, которые развиваются в благоприятных условиях. Сучья, кора, стружка и опилки увлажняют, формируют в рыхлые кучи и заражают культурой специально выведенных бактерий. Процесс созревания компоста протекает с выделением тепла в течение 7–8 недель. В садоводстве и цветоводстве компост на основе древесных отходов с добавлением органического сырья – лучшее удобрение, способное улучшить состав почвы и помочь плодовым деревьям, кустарникам и цветникам эффективно развиваться, цвести и плодоносить в любом климате. В сельском хозяйстве компост из древесных отходов в сочетании с различными органическими и минеральными удобрениями может использоваться для обогащения бедных почв и получения высоких урожаев различных сельскохозяйственных культур;

– **в лесном хозяйстве:** в процессе перегнивания отходов образуются естественные удобрения, насыщенные микроэлементами, которые необходимы для возобновления леса. Особую ценность представляют хвоя, листья, тонкие ветви и корни, которые перегнивают за 2–3 года, т. е. в несколько раз быстрее, чем древесина. Они образуют комплекс органических питательных веществ, весьма важных именно в первые годы жизни деревьев. От правильной организации очистки лесосек зависит качество лесовозобновления. Способ очистки лесосек определяют при их отводе в рубку и указывают в лесорубочном билете. Учитывается принятая технология, сезон заготовок, наличие подраста, почвенно-грунтовые условия. На сырых и мокрых почвах сбор лесосечных отходов имеет особое значение для естественного возобновления леса. Хотя лесосечные отходы улучшают для техники проходимость, однако они затрудняют испарение влаги и прогрев почвы, содействуют накоплению снега и задержанию его таяния. Это усиливает заболочиваемость лесосек, создает трудности для прорастания семян и появления всходов. На каменистых и сухих песчаных почвах влияние лесосечных отходов иное. Здесь они способствуют улучшению водного режима почв и обогащению их органическими веществами. Уменьшается испарение влаги, понижается скорость ветра у поверхности почвы, обеспечивается защита всходов от низких и высоких температур. Чтобы обеспечить равномерное распределение массы лесосечных отходов по площади лесосек, они должны подвергаться измельчению передвижными рубительными машинами. Измельчение и разбрасывание отходов требует меньших затрат труда, чем сбор и сжигание их в кучах или валах.

Целью настоящих исследований является анализ использования мобильной дробилки (кустуреза) «Bobcat» на базе погрузчика «Bobcat»

с бортовым поворотом S770 для получения древесно-торфяных отходов с высоким содержанием органических веществ, пригодных для использования в качестве топлива или древесного компоста.

Для получения торфодревесного топлива измельчаются куски торфа и древесины, образующиеся при подготовке торфа для брикетирования, а также древесного сырья, образующегося при строительстве полей добычи торфа (сучья, ветви, вершины, отходы корчевания пней, отрезки хлыстов, козырьки, откомлевки и т. п.). Топливо получают путем смешивания измельченной крупной фракции фрезерного торфа и древесной щепы. Древесную щепу получают путем измельчения древесных отходов, образующихся при строительстве полей добычи торфа, сводки леса. При изготовлении древесной щепы из пней, после получения древесной щепы, ее необходимо просеивать для удаления песка и почвы.

Для получения качественного торфодревесного топлива его характеристика должна соответствовать ТУ ВУ 200274574.004-2017 (таблица 1).

Таблица 1 – Качественная характеристика топлива

Наименование показателя	Норма для типа
Массовая доля влаги (W), %, не более	55
Зольность (A ^c), %, не более	23
Низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг, не менее	7900
Массовая доля общей серы, %, не более	0,3
Массовая доля минеральных примесей, %, не более	0,5
Размер фракции древесной щепы, %, не более	от 30 до 250
Содержание древесной щепы, %, не более	30
Размер фракции торфа, мм	от 2 до 100
Содержание торфа фрезерного, %, не менее	70

Погрузчик «Bobcat» с бортовым поворотом S770 (рисунок 1) рассчитан на выполнение крупных работ и допускает навеску мощного сменного рабочего оборудования. Этот устойчивый погрузчик имеет вертикальную траекторию подъема ковша и обеспечивает повышенный вылет кромки ковша при наибольшей высоте подъема.

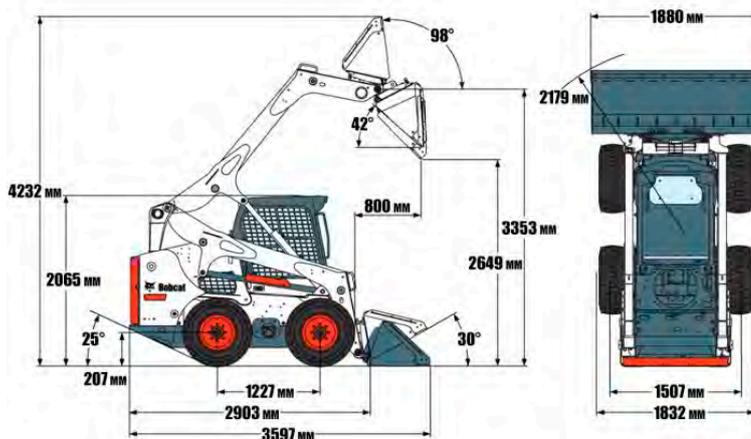


Рисунок 1 – Погрузчик «Bobcat» с бортовым поворотом S770

Несмотря на небольшой вес, погрузчик «Bobcat» с бортовым поворотом S770 способен перемещаться со скоростью 11,4 км/час. Благодаря функции бортового поворота, наличию гидростатического привода и малогабаритности погрузчик «Bobcat» с бортовым поворотом S770 может эксплуатироваться в условиях ограниченного свободного места. Нехватка пространства никак не сказывается на его устойчивости и безопасности транспортируемого груза.

Высокопроизводительная мобильная дробилка (кусторез) «Bobcat» (рисунок 2) предназначена для измельчения деревьев, кустарника и травы. В результате работы кустореза остается слой измельченной растительности, его можно использовать для расчистки тропинок, рабочих площадок, садов и других лесных зон.



Рисунок 2 – Мобильная дробилка (кусторез) «Bobcat» на базе погрузчика «Bobcat» с бортовым поворотом S770 (общий вид и работа в полевых условиях)

Технические характеристики погрузчика «Bobcat» с бортовым поворотом S770 приведены в таблице 2.

Технические характеристики кустореза «Bobcat» приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Технические характеристики погрузчика «Bobcat» с бортовым поворотом S770

Марка	Kubota
Масса	4,162 т
Грузоподъемность	1,520 т
Клиренс	200 мм
Опрокидывающая нагрузка	3,1 т
Объем ковша	2,3 куб. м
Скорость	11,4-19,8 км/ч
Высота подъема ковша / размеры колеи / радиус поворота	3,35/1,5/2,2 м
Размер колеи	1,507 м
Радиус поворота	2,179 м
Дальность выгрузки	0,8 м
Длина вместе со стандартным рабочим органом	3,6 м
Ширина со стандартным ковшом	1,88 м
Высота/колесная база	2065/1227 м
Название двигателя	Kubota V3800-DI-T-E3
Параметры ДВС	4 цилиндра, мощность 93 л.с., тяга 315 Н/м, рабочий объем 3,7 л
Вместимость бака с горючим	124 л
Производительность гидронасоса	87 литров в минуту
Жидкостное охлаждение	да

Таблица 3 – Технические характеристики мобильной дробилки (кустореза) «Bobcat»

Марка	AD 8900210
Ширина толкателя	1538 мм
Общая ширина	1794 мм
Высота	1587 мм
Длина	1304 мм
Общая длина	1419 мм
Ширина резания	1500 мм
Рабочая масса	1300 кг
Максимальный гидравлический поток	142 литров в минуту
Максимальное давление	350 бар
Количество зубьев	32
Вес зуба	1,65 кг
Отклонение двигателя	80 см ³
Диаметр барабана	490 мм

Методика определения дисперсного состава

Для проведения испытаний были приготовлены две пробы, состоящие из древесной щепы и торфа.

Объем составной пробы составлял 0,5 м³. Предварительно из отходов удалялись не свойственные примеси – почва, металл, пластмасса, картон и др.

Дисперсный состав определялся методом натурных замеров путем просеивания дробленых отходов на отдельные составляющие фракции с их последующим взвешиванием.

Разбор отходов для определения дисперсного состава производился в специально отведенном месте. Раздробленные отходы ссыпались на ровную бетонированную площадку для последующего просеивания на специальном сите сито 550*1000*100 мм с набором сменных полотен (5 шт.) для просеивания материалов фракций 120 мм, 80 мм, 40 мм, 20 мм, 10 мм (рисунок 3). Просеивание производилось вручную порционно. Масса одной порции составляла около 10 кг.

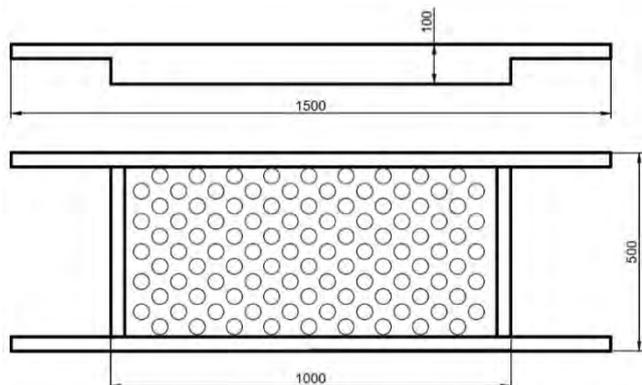


Рисунок 3 – Сито ручное

Дробленый материал определенной массы (масса определялась путем взвешивания на электронных весах, пределы измерений которых составляли $100 \pm 0,5$ кг) высыпался в сито с максимальными отверстиями и путем встряхивания просеивался через ячейки сита. Оставшийся в сите материал взвешивался. После этого путем замены днища сита устанавливались более мелкие ячейки, засыпался материал, просеянный на предыдущем сите, повторялся процесс встряхивания с последующим взвешиванием остатков на сите.

Результаты и обсуждение

Для проведения лабораторных испытаний дисперсного состава исследованы две пробы:

– проба № 1 – проба грунта с поля после дробления мобильной дробилкой (кусторезом) «Bobcat», состоящая из древесной щепы и торфа;

– проба № 2 – проба торфобрикетной массы.

Результаты исследований дисперсного состава по двум пробам приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты исследований дисперсного состава

№	Наименование пробы	Размер ячейки сита, мм	Вес материала на сите	
			кг	%
1	Проба № 1. Вес 10,1 кг	более 120	–	–
2		120	–	–
3		80	0,5	4,9
4		40	2,6	25,5
5		20	4,8	47,1
6		10	1,5	14,7
7		менее 10	0,8	7,8
8	Проба № 2. Вес 10,3 кг	более 120	–	–
9		120	–	–
10		80	0,6	5,7
11		40	2,4	22,8
12		20	5,1	48,6
13		10	1,3	12,4
14		менее 10	1,1	10,5

После дробления исходных материалов среднее значение дисперсного состава дробленого материала пробы № 1 составляет:

- 120 мм – 0 %;
- 80 мм – 5,3 %;
- 40 мм – 24,2 %;
- 20 мм – 47,7 %;
- 10 мм – 13,7 %;
- менее 10 мм – 9,1 %.

Химический и органический состав почв определяли по методикам согласно нормативным стандартам [3–5]. Полученные результаты измерений сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты измерений состава проб

Наименование показателя	Проба № 1	Проба № 2
Массовая доля органического вещества (X), %	79,85	21,21
Массовая доля влаги (W), %	55	30
Содержание хлорид-ионов в водной вытяжке, %	0,0053	0,0071
Содержание сульфат-ионов в водной вытяжке, ммоль/100 г почвы	0,48	0,85
Содержание гидрокарбонат-ионов, HCO_3^- , ммоль/100 г почвы	0,35	0,575
Кислотность (водородный показатель pH солевой вытяжки)	5,71	7,0

Испытания при сжигании проб топлива торфодревесного по содержанию в отходящих газах загрязняющих веществ показали отсутствие превышения нормативов в отходящих газах, установленных в Экологических нормах и правилах ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 [6] (таблица 6).

Таблица 6 – Нормы выбросов загрязняющих веществ при использовании и (или) обезвреживании путем сжигания отходов древесноволокнистых, древесностружечных плит, иных отходов, содержащих связующие неминерального происхождения [6]

Загрязняющее вещество		Норма выбросов
Твердые частицы		30 мг/м ³
Азота оксиды (в пересчете на азота диоксид)		380 мг/м ³
Серы диоксид		100 мг/м ³
Углерода оксид		2000 мг/м ³
Общий органический углерод		50 мг/м ³
Аммиак		10 мг/м ³
Тяжелые металлы и их соединения суммарно	Сурьма, мышьяк, свинец, хром, кобальт, медь, марганец, никель, ванадий, кадмий, таллий	0,5 мг/м ³
	Ртуть	0,05 мг/м ³

Примечание – значения указаны в отходящих дымовых газах при нормальных условиях (температура 273 К, давление 101,3 кПа) в пересчете на сухой газ при содержании кислорода в дымовых газах 11 % (коэффициент избытка воздуха $\alpha = 2,1$).

Заключение

При правильной эксплуатации мобильной дробилки (кустореза) «Bobcat» на базе погрузчика «Bobcat» с бортовым поворотом S770 (в соответствии с руководством по эксплуатации и техническому обслуживанию) и на основании проведенных исследований, на данном оборудовании можно получить качественную смесь древесно-торфяных отходов для использования в качестве топлива или древесного компоста.

Результаты проведенных исследований химического и органического состава пробы древесно-торфяных отходов (проба № 1) показали слабокислую реакцию исследуемой пробы ($pH = 5,71$), высокое содержание в ней органических веществ – до 79,85 %, низкое содержание хлорид иона – 0,0053 % и сульфат-ионов – 0,48 ммоль/100 г почвы, массовую долю влаги – 55 %. Это также подтверждает возможность использования древесно-торфяных отходов в качестве топлива или древесного компоста. При соблюдении всех требований полученная древесно-торфяная смесь при сжигании не окажет отрицательное воздействие на окружающую среду и может вполне заменить собой другие виды топлива.

Получаемый древесно-торфяной компост обладает благоприятным химическим составом, что позволяет правильно перерабатывать органические отходы без вреда окружающей среде. Биологический способ утилизации древесных отходов – возможность сохранить ценные природные органические ресурсы и использовать их во благо в самых разных целях. Сфера применения древесно-торфяного компоста широка:

- садоводство и цветоводство. Компост на основе древесных отходов с добавлением органического сырья – лучшее удобрение, способное улучшить состав почвы и помочь плодовым деревьям, кустарникам и цветникам эффективно развиваться, цвести и плодоносить в любом климате;

- ландшафтный дизайн. Иногда на участке недостаточно сбалансированная почва для создания цветника с определенными типами растений, прихотливыми к составу грунта. В этом случае использование компоста позволит решить данную проблему без лишних усилий;

- повышение плодородия почвы. В сельском хозяйстве компост из древесных отходов в сочетании с различными органическими и минеральными удобрениями используется для обогащения бедных почв и получения высоких урожаев различных сельскохозяйственных культур;

- озеленение территории и рекультивация нарушенных земель полигонов и карьеров. Почвы, требующие рекультивации, быстро восстанавливаются при использовании органических удобрений. Слой древесного компоста создает питательную среду для выращивания газонов;

- засыпка верхнего слоя земли при повреждении строительными и бытовыми отходами. Поврежденный верхний слой почвы сложно восстановить, на это требуется не один год. В этом случае древесный компост позволяет ускорить процесс восстановления и сбалансировать состав грунта.

Список цитированных источников

1. Отходы древесные. Общие технические условия : СТБ 1867-2017. – Введ. 2017-10-01. – Минск : Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, 2017. – 12 с.
2. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь : ОКРБ 021-2019. – Введ. 2019-12-09. – Минск : Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2019. – 84 с.
3. Почвы. Методы определения органического вещества : ГОСТ 26213-2021. – Введ. 2023-02-01. – Минск : Госстандарт, 2022. – 12 с.
4. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке : ГОСТ 26426-85. – Введ. 1986-01-01. – М. : Госкомитет СССР, 1986. – 7 с.
5. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке : ГОСТ 26425-85. – Введ. 1986-01-01. – М. : Госкомитет СССР, 1986. – 10 с.
6. Экологические нормы и правила. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности : ЭкоНиП 17.01.06-001-2017. – Введ. 2017-01-10. – Минск : Минприроды, 2017. – 185 с.

References

1. Othody drevesnye. Obshhie tehnicheckie uslovija : STB 1867-2017. – Vved. 2017-10-01. – Minsk : Ministerstvo lesnogo hozjajstva Respubliki Belarus', 2017. – 12 s.
2. Klassifikator othodov, obrazujushhijhsja v Respublike Belarus' : OKRB 021-2019. – Vved. 2019-12-09. – Minsk : Ministerstvo prirodnyh resursov i ohrany okruzhajushhej sredy Respubliki Belarus', 2019. – 84 s.
3. Pochvy. Metody opredelenija organicheskogo veshhestva : GOST 26213-2021. – Vved. 2023-02-01. – Minsk : Gosstandart, 2022. – 12 s.
4. Pochvy. Metody opredelenija iona sulfata v vodnoj vytjazhke : GOST 26426-85. – Vved. 1986-01-01. – M. : Goskomitet SSSR, 1986. – 7 s.
5. Pochvy. Metody opredelenija iona hlorida v vodnoj vytjazhke : GOST 26425-85. – Vved. 1986-01-01. – M. : Goskomitet SSSR, 1986. – 10 s.
6. Jekologicheskije normy i pravila. Ohrana okruzhajushhej sredy i prirodopol'zovanie. Trebovanija jekologicheskoi bezopasnosti : JekoNiP 17.01.06-001-2017. – Vved. 2017-01-10. – Minsk : Minprirody, 2017. – 185 s.

Материал поступил 19.06.2024, одобрен 04.07.2024, принят к публикации 04.07.2024