

Отображение очагов пожарной опасности на плане лесонасаждений позволяет оптимизировать маршруты наземного мониторинга охраны лесов от пожара в весенне-летний сезон.

Карта очагов пожарной опасности в лесничестве задает приоритетность выполнения лесохозяйственных работ, а именно, проведения сплошных санитарных рубок в лесотаксационных выделах с очагами повышенной пожарной опасности.

Фиксация GPS-навигатором в режиме реального времени на картографической основе всех изменений в лесном фонде, произошедших в результате факторов катастрофического воздействия на лес, является основой для организации непрерывного лесоустройства в защитных лесах.

Литература

1. Гиряев, М. Д. Актуальные вопросы ведения лесного хозяйства в Московской области / М. Д. Гиряев, В. В. Заварзин, Н. Г. Иванов // Лесной вестник. Научно-информационный журнал. – 2013. – № 3 (95) – С. 102–105.
2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (редакция от 04.08.2023) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.09.2023). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/?ysclid=lpjnlfd2o129671979 (дата обращения: 19.11.2023).
3. Государственный лесной реестр Московского учебно-опытного филиала ГКУ МО «Мособллес» на 01.01.2020. – Текст : электронный // Мособллес : сайт. – URL: <https://mosoblles.ru> (дата обращения: 18.11.2023).
4. Лесоустроительная инструкция : утвержден приказом Минприроды России от 29.03.2018 г. № 122 (с изменениями на 12.05.2020 приказ от 12 мая 2020 года № 270). – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/542621790?ysclid=lpjyuv8pp663448525> (дата обращения: 18.11.2023).

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ ПРИ РУБКАХ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

Д.И. Филон

*Беларусь, Белорусский государственный технологический университет
г. Минск*

Аннотация. На основании изучения хвойных насаждений после проведения рубок главного пользования определен компонентный состав и объемы фракций порубочных остатков. Сделаны выводы об экономической целесообразности использования порубочных остатков для получения энергии.

Ключевые слова: остатки порубочные, биомасса древостоя, рубка главного пользования, энергоэффективность.

Annotation. Based on the study of coniferous plantations after final felling, the component composition and volumes of fractions of logging residues were determined. Conclusions are drawn about the economic feasibility of using logging residues to generate energy.

Keywords: logging residues, forest biomass, final felling, energy efficiency.

В настоящее время порубочные остатки наиболее широко применяются как стройматериал для укрепления волоков, сырье для производства эфирно-масляной продукции, технологической щепы для энергетических целей и получения бумаги, тонкого бруса на лесосеке,

частично лесосечные отходы используются как топливо. Также лесосечные отходы, процесс минерализации которых растягивается на десятилетия, рассматриваются и косвенно применяются в качестве естественного удобрения.

С экономической точки зрения в силу своих свойств и возможности утилизации, биомассу порубочных остатков целесообразно рассматривать в разрезе следующих ее компонентов [1]:

1. Ветки и сучья. Ветки представляют собой живые части кроны, отходящие от сучьев, сучья – части кроны, отрастающие от ствола.

2. Вершина. Представляет собой отделенную верхнюю часть ствола, которая по своим характеристикам не может быть использована как деловой сортимент или дрова.

3. Обломки деревьев. Стволы деревьев ломаются при ударе о камни, пни, стволы лежащих деревьев, особенно велика вероятность ломки в зимний период.

4. Пни и корни.

5. Кора. В коре содержатся клетчатка и другие ценные питательные и биологически активные вещества. Это позволяет отнести ее к источнику сырья для производства кормов – кормовой муки, грубого корма, добавок для кормосмесей. Кора может использоваться как топливо, но для этого необходимо, чтобы она имела влажность не более 20 %, относительно мелкий и однородный фракционный состав, а также высокую плотность.

6. Хвоя и листья. Образуют древесную зелень, которая богата витаминами и углеводами, протеинами, аминокислотами, поэтому применяется как сырье для получения витаминной муки, которая добавляется к комбикормам для животных.

После трелевки деревьев или хлыстов, полученных в результате ручной валки, производится их откомлевка или оторцовка для удаления дефектов обработки или пороков ствола, в ходе которой образуются обрезки стволов разной длины. Дефекты валки и раскряжевки – козырьки, косорезы, трещины; основные прижизненные пороки дерева – закомелистость, гнили различной локализации. Доля лесосечных отходов, образованных в результате валки и раскряжевки составляет 0,5–1 %, доля гнилых обрезков зависит от условий местопроизрастания древостоя, его породного состава и иногда доходит до 20–25 %. Из этих отходов возможно получение технологической щепы, более распространена выработка топливной щепы.

Можно выделить два основных направления современного использования порубочных остатков, имеющих выраженное экономическое значение:

- использование в энергетической промышленности в качестве топлива;
- использование в химической, фармацевтической и строительных отраслях народного хозяйства для производства различных видов соответствующей продукции.

Первое направление является доминирующим, так как ежегодно в результате проведения рубок леса образуется колоссальный объем порубочных остатков (в Республике Беларусь они составляют 20–25 % от объема заготовленной древесины, что составляет около 1,5 млн м³ год).

Высокая стоимость лекарственных препаратов, витаминно-белковых концентратов произведенных из биомассы порубочных остатков также может обеспечивать положительный экономический эффект от их переработки. В данном аспекте наибольшее значение имеет использующиеся в качестве сырья кора и древесная зелень (хвоя, хвойная лапка, мелкие неодревесневшие побеги). В живых клетках древесных растений содержится много биологически активных веществ: витаминов, ферментов, гормонов, защитных антимикробных, а также энергопластических: белков, жиров, углеводов и прочих веществ, пригодных для лечебных, пищевых и кормовых целей. Количество каротина в хвое ели составляет 84 мг/кг, сосны – 128 мг/кг абсолютно сухого вещества. Содержание аскорбиновой кислоты в хвое сосны в среднем составляет 250–300 мг на 100 г сухого вещества при колебаниях от 160 до 540 мг на 100 г сухого вещества. Свежая древесная зелень имеет значительную питательную ценность: еловая – 0,21; сосновая – 0,28 кормовой единицы в расчете на килограмм, т.е. равноценна пшеничной или ржаной соломе [2].

Экономический эффект от использования порубочных остатков в качестве топлива и его величина находятся в зависимости от цен на традиционное топливо (нефть, природный газ), затрат на удаление (сбор и вывозку) порубочных остатков с лесосеки, размера капиталовложений на организацию предприятий по переработке собранной биомассы, электростанций, приобретение специализированной лесной техники и пр.

Объем порубочных остатков после проведения рубок главного пользования устанавливался на основе исследований опытных объектов [3], характеристика которых представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика опытных объектов

Проб- ные пло- щади	Состав древостоя	Тип леса	Воз- раст, лет	Среднее		Количество деревьев, шт/га	Полнота	Фракции биомассы древостоя, м³/га					Хвоя/листья, т/га
				фитомасса									
				надземная				подземная (корни)	всего				
				стволовая древесина	ветки и сучья					итого			
1–4	5С5Е	С. кис.	115	27,8	38,4	415	0,82	395	37,6	432,6	57,2	489,8	19,0
5–8	5С5Е	С. ор.	115	27,1	33,7	589	0,82	377	36,0	413,0	54,1	467,1	18,3
9–12	7Е2Б1Ос+С,Д	Е. кис	90	26,9	30,7	807	1,15	507	50,8	557,8	63,1	620,9	32,1
13–16	8Е1Ос1Б+С, Ол(ч)	Е. ор.	90	26,8	27,6	712	0,95	470	49,0	519	61,9	580,9	31,2

Объем порубочных остатков в сосняке кисличном (ПП 1–4) оценивается в 204,7 м³/га, в сосняке орляковом (ПП 5–8) – 195,1 м³/га, в ельнике кисличном (ПП 9–12) – 247,4 м³/га и в ельнике орляковом (ПП 13–16) – 236,1 м³/га. Объемы отдельных компонентов порубочных остатков приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Компонентный состав и объемы порубочных остатков на опытных объектах

Пробные площади	Состав древостоя	Тип леса	Объем, м ³ /га/ %				
			ветки и сучья	пни и корни	кора	хвоя и листья	Всего
1–4	5С5Е	С. кис.	<u>37,6</u> 18,4	<u>96,7</u> 47,2	<u>51,4</u> 25,1	<u>19,0</u> 9,3	<u>204,7</u> 100,0
5–8	5С5Е	С. ор.	<u>36,0</u> 18,5	<u>91,8</u> 47,1	<u>49,0</u> 25,1	<u>18,3</u> 9,4	<u>195,1</u> 100,0
9–12	7Е2Б1Ос+С,Д	Е. кис	<u>50,8</u> 20,5	<u>113,8</u> 46,0	<u>50,7</u> 20,5	<u>32,1</u> 13,0	<u>247,4</u> 100,0
13–16	8Е1Ос1Б+С, Ол(ч)	Е. ор.	<u>49,0</u> 20,8	<u>108,9</u> 46,1	<u>47,0</u> 19,9	<u>31,2</u> 13,2	<u>236,1</u> 100,0

Наибольшая фитомасса порубочных остатков сконцентрирована в пнях и корнях срубленных деревьев, которые, как правило, не утилизируются в силу трудности их заготовки. Большая часть объема коры вывозится вместе со ствольной древесиной, хвоя и листья могут заготавливаться для производства различной продукции, но в качестве топлива рассматриваться не могут так как достаточно быстро опадают со срубленных сучьев и ветвей. Таким образом, в качестве топливной древесины могут рассматриваться лишь ветки и сучья, формирующие в сосняке кисличном объем в 37,6 м³, в сосняке орляковом – 36,0 м³/га, в ельнике кисличном – 50,8 м³/га и в ельнике орляковом – 49,0 м³/га. На 1 м³ заготавливаемой и вывозимой ствольной древесины приходится: в сосняке кисличном – 0,095 м³ ветвей и сучьев, в

сосняке орляковом – 0,095 м³, в ельнике кисличном – 0,100 м³ и в ельнике орляковом – 0,104 м³.

Принятые в Республике Беларусь нормативы изъятия порубочных остатков для энергетических целей составляют: для сосновых насаждений – от 20 до 40 %, еловых – от 30 до 50 %, березовых – от 20 до 40 %, осиновых – от 20 до 40 % и дубовых – до 20 %. В черноольховых насаждениях порубочные остатки в полном объеме используются для мощения волоков и оставляются на местах рубок.

Как видно из данных таблицы 2, на исследованных объектах ветви и сучья составляют: в сосняке кисличном – 18,4 % от общей биомассы порубочных остатков, в сосняке орляковом – 18,5 %, в ельнике кисличном – 20,5 % и в ельнике орляковом – 20,8 %.

Вместе с вывозимой со ствольной древесиной корой объем изъятия порубочных остатков при полном удалении ветвей и сучьев составит: в сосняке кисличном – 43,5 % от общей биомассы порубочных остатков, в сосняке орляковом – 43,6 %, в ельнике кисличном – 41,0 % и в ельнике орляковом – 40,7 %. Таким образом, можно считать, что полное удаление веток и сучьев с лесосеки для дальнейшей утилизации не противоречит требованиям действующих нормативов.

Для оценки экономической эффективности использования порубочных остатков в качестве топлива следует учесть размер затрат на их заготовку и производство топливной щепы, текущие цены на данный вид продукции, а также количество энергии, получаемое при сжигании древесины. Следует сразу отметить, что по теплотворной способности древесина существенно уступает ископаемым видам топлива и относится к топливам с низкой энергоэффективностью.

Объемная удельная теплота сгорания древесины сосны составляет в среднем 7,1 МДж/дм³ (13,7 МДж/кг), ели – 6,4 МДж/дм³ (14,2 МДж/кг), дуба – 8,3 МДж/дм³ (12,0 МДж/кг), березы – 7,6 МДж/дм³ (11,7 МДж/кг), осины – 5,7 МДж/дм³ (11,2 МДж/кг), ольхи черной – 6,0 кДж/дм³ (10,9 МДж/кг). Теплота сгорания природного газа при стандартных условиях составляет 31,8 МДж/м³ (около 45 МДж/кг), топочного мазута – 40,6 МДж/кг, нефти – 41,9 МДж/кг, дизельного топлива – 43,5 МДж/кг, бурого угля – 13,0–25,0 МДж/кг, каменного угля – 27 МДж/кг, торфа – 16,3 МДж/кг.

В таблице 3 приведены результаты расчетов по энергоэффективности сжигания порубочных остатков.

Таблица 3

Энергоэффективность сжигания порубочных остатков

Показатели	Сосняк кислич- ный	Сосняк орляко- вый	Ельник кислич- ный	Ельник орляко- вый
Объем порубочных остатков, используемый в качестве топливной древесины, м ³ /га	37,6	36,0	50,8	49,0
Количество энергии, выделяемой в результате сгорания порубочных остатков, – ГДж/га – т нефтяного эквивалента/га	266,96 6,4	255,60 6,1	325,12 7,8	313,60 7,5

В результате расчетов установлено, что при сжигании порубочных остатков в качестве топливной древесины, заготовленных в сосняке кисличном, выделится 266,96 ГДж (6,4 т нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 8,4 тыс. м³ природного газа. В сосняке орляковом данная величина составляет 255,6 ГДж (6,1 т нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 8,0 тыс. м³ природного газа, в ельнике кисличном – 325,12 ГДж (7,8 т нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 10,2 тыс. м³ природного газа и в ельнике орляковом – 313,6 ГДж (7,5 т нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 9,9 тыс. м³ природного газа.

В настоящее время в Республике Беларусь замена природного газа древесной массой порубочных остатков и использование их в качестве топлива требует существенных капиталовложений, так как в структуре потребления источников энергии доля природного газа исключительно велика. Она составляет 57,2 % в топливно-энергетическом балансе, 80 % – в балансе котельно-печного топлива и 97,2 % – в топливном балансе энергосистемы. По данной причине в существующих экономических реалиях поставки древесного топлива на энергетические объекты оборачиваются убытками для поставщиков.

Ситуация может измениться в случае повышения цен на природный газ, принятия мер на законодательном уровне, экономически стимулирующих использование древесного топлива из лесосечных отходов, а также оплаты экологических услуг лесного хозяйства (введение карбонной ренты, совершенствование механизма торговли, повышение цен до целевых 30 евро/т CO₂-экв.). Существующие цены на топливную щепу за рубежом могут компенсировать расходы по ее производству внутри страны и обеспечить прибыль при продаже ее на экспорт. Также следует принять во внимание взятые Республикой Беларусь обязательства по сокращению выбросов парниковых газов, которые потребуют более широкого вовлечения вклада сектора лесного хозяйства как в части повышения уровня поглощения лесами углекислого газа, так и эффективного использования биомассы лесов в энергетических целях.

Литература

1. Галактионов, О. Н. Технологический процесс лесозаготовок и ресурсы лесосечных отходов / О. Н. Галактионов. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2007. – 95 с.
2. Бабич, Н. А. Фитомасса культур сосны и ели в Европейской части России / Н. А. Бабич, М. Д. Мерзленко, И. В. Евдокимов. – Архангельск, 2004. – 112 с.
3. Лесоуглеродный ресурс Беларуси / Л. Н. Рожков [и др.] / под общей редакцией Л. Н. Рожкова, И. В. Войтова, А. А. Кулика. – Минск : БГТУ, 2018. – 247 с.

СТРУКТУРА МИКОБИОМОВ КОРНЕЙ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ БЕЛАРУСИ

Работа выполнена при поддержке БРФФИ, грант № B22-002

¹ В.А. Ярмолович, ¹ О.Ю. Баранов, ¹ К.В. Зенюк

² С.В. Пантелеев, ² И.А. Хархасова, ^{1,2} Л.О. Иващенко

¹ Беларусь, Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

² Беларусь, Институт леса НАН Беларуси
г. Гомель

Аннотация. Цель исследования – изучить структуру микобиомов корней сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской в лесных питомниках Республики Беларусь на основе метагенетического анализа, выявить основные виды микоризных грибов, колонизирующих посадочный материал хвойный древесных видов. Анализ 168 биологических образцов корней сеянцев сосны и ели из 15 лесных питомников Беларуси позволил установить видовой состав микобиомов их корневых систем, включающий 95 таксонов, большинство из которых входит в отдел Аскомикота. Видовое разнообразие грибов варьировалось от 1 до 19 видов на один сеянец. Более половины количества идентифицированных видов составляют микоризные грибы, в основном эктомикоризные. Среди доминантных видов, наиболее часто и эффективно колонизирующих корни молодых растений сосны и ели, следует отметить аскомицетный гриб *Wilcoxina mikolae*, который в питомниках заселяет более 80 % сеянцев сосны и 90 % сеянцев ели, из базидиальных грибов часто встречаются *Suillus luteus* (на сосне), а также *Thelephora terrestris* (на сосне и ели).

Ключевые слова: сеянцы, микобиом корней, таксон, метагенетический анализ.