

УДК 630\*33

**В. Г. Шатравко**, начальник управления лесного хозяйства  
(Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь)

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ

В статье изложены основные принципы экологического и экономического использования порубочных остатков, образующихся при проведении рубок. Установлены возможные объемы изъятия порубочных остатков для энергетических целей: в сосновых насаждениях – от 20 до 40%, еловых – от 30 до 50%, березовых – от 20 до 40%, осиновых – от 20 до 40% и дубовых – до 20%. Установлено, что за счет изъятия порубочных остатков может быть получено около 87,4 тыс. т у. т., что составит примерно 0,2% от общего количества ежегодно потребляемых энергоресурсов.

The article presents the basic principles of ecological and economic use of forest residues generated during logging. Possible volume of forest residues removal for energy purposes are determined: in pine plantations – from 20 to 40%, spruce – from 30 to 50%, birch – 20 to 40%, aspen – from 20 to 40% and oak – up to 20%. It was established that by removal of forest residues can be obtained about 87,4 thousand tons of fuel equivalent, or approximately 0,2% of the total annually consumed energy resources.

**Введение.** Интерес к древесной биомассе как источнику энергии временно был потерян из-за глобального использования дешевой сырой нефти во всех сферах деятельности современного общества, но в последние годы ситуация существенно изменилась. Биоэнергетика уже в состоянии конкурировать с ископаемыми видами топлива, особенно там, где могут быть использованы промышленные и другие отходы.

Направления энергетики, связанные с преобразованием биомассы в энергию, интенсивно развиваются в настоящее время и в Республике Беларусь. Для многих стран мира она является местным видом топлива, позволяющим экономить средства на его импорт.

**Методика исследований.** Одним из аспектов использования древесной биомассы на топливо является возможное применение на эти цели порубочных остатков. Однако восстановление плодородия почвы в лесах посредством использования порубочных остатков является важным экологическим аспектом. Экологическая эффективность применения порубочных остатков определяется содержанием элементов питания в порубочных остатках (ветвях и хвое (листве)) и в почве насаждений. Используя эти данные, можно определить процент возможного поступления элементов питания в почву при условии, что на местах рубок будут оставлены порубочные остатки. Наряду с этим рассматривался и биологический круговорот элементов питания, который в дальнейшем послужил для установления норматива оставления порубочных остатков на местах рубок.

Оценка экономической эффективности использования порубочных остатков для энергетических целей рассчитывалась в несколько этапов. Установлен калорийный эквивалент согласно [1]. Используя данные Минлесхоза Республики Беларусь по объемам заготовок древе-

сины в 2009 г. и рассчитанных объемов образующихся порубочных остатков исходя из объемов заготовленной древесины, стоимости 1 т у. т. топливной щепы и объемов изъятия (в процентах) порубочных остатков для энергетических целей, оценена экономическая эффективность различных направлений их применения.

**Основная часть.** Проблемы использования порубочных остатков, образующихся при рубках, включают два основных аспекта: экологический и энергетический. В данной работе рассматриваются вопросы экологической и экономической эффективности применения порубочных остатков.

*Экологическая эффективность.* Показателем экологической эффективности оставления порубочных остатков на местах рубок с целью повышения плодородия почвы и улучшения биологического разнообразия в лесах является возможное поступление элементов питания в почву с порубочными остатками (табл. 1) и биологический круговорот питательных веществ в лесном насаждении.

Анализ табл. 1 показал, что в порубочных остатках еловых насаждений азота, калия и фосфора по отношению к его содержанию в почве содержится больше, чем в других насаждениях: 263, 57,7 и 23,8%. В сосновых и березовых насаждениях эти величины значительно меньше, чем в еловых и составляют соответственно: N – 50,9 и 69,3%, P – 9,3 и 12,5%, K – 18,1 и 29,4%. В осиновых насаждениях содержание N, P и K по отношению к его содержанию в почве составляет: 22,8, 22,4 и 47,1%. В черноольховых насаждениях меньше всего содержится калия по отношению к его содержанию в почве – 7,6%, азота – 36,2% и фосфора – 19,5%. В дубовых насаждениях содержание N, P и K по отношению к его содержанию в почве составляет соответственно: 29,4, 8,1 и 18,3%.

Таблица 1

**Оценка долевого участия порубочных остатков в повышении плодородия почвы при оставлении их на местах рубок**

Содержание элементов питания в почве, кг/га					Содержание элементов питания в порубочных остатках (ветви, хвоя, листва), кг/га					Долевое участие элементов питания в порубочных остатках в повышении плодородия почвы, %				
N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Сосновые насаждения														
43,7	58,7	58,2	207,1	52,4	45,4	6,0	12,9	21,4	9,8	50,9	9,3	18,1	9,2	15,8
Еловые насаждения														
94,7	118,8	86,0	309,0	42,7	249,0	37,1	117,4	116,4	29,3	263,0	23,8	57,7	27,4	40,7
Березовые насаждения														
64,4	69,7	63,3*	338,8	58,1	145,1	10,0	26,4*	47,8	55,5	69,3	12,5	29,4	12,4	48,8
Осиновые насаждения														
411,5	54,6	105,6*	289,1	68,3	121,4	17,2	93,9*	132,2	59,4	22,8	24,0	47,1	31,4	46,5
Черноольховые насаждения														
186,5	28,5	180,0*	2462,0	207,4	105,7	6,9	14,7*	65,2	7,6	36,2	19,5	7,6	2,6	3,5
Дубовые насаждения														
170,3	82,3	127,4	750,0	113,4	70,8	7,3	28,6	68,8	7,3	29,4	8,1	18,3	8,4	6,1

*Примечание.* Данные по содержанию калия в почве и растительном материале определены из источников.

Биологический круговорот элементов питания в лесу характеризуется тремя показателями количества элементов питания: 1) вовлекаемых в круговорот, т. е. извлекаемых деревьями из почвы; 2) удерживаемых в древостое; 3) возвращаемых почве с опадом и отмирающими деревьями [2–4]. На примере проходной рубки в еловом насаждении (выбранного в качестве модельного) видно, что при проведении проходных рубок в еловых насаждениях количество элементов питания (кроме фосфора и кальция), необходимых насаждению к возрасту рубки главного пользования, недостаточно, даже если оставить всю массу порубочных остатков (хвоя и ветви) совместно с поступающим опадом и учитывать содержащиеся в почве элементы питания. В еловых насаждениях зеленомошного типа леса при проведении проходных рубок количество элементов питания составило (в кг/га): N – 14,9, K – 31,5, P – 84,0, Ca + 69,4, Mg – 43,3. В этих насаждениях определен дефицит таких элементов питания, как азот, фосфор, калий и магний. Следовательно, в ельнике зеленомошном, даже при избытке кальция в 69,4 кг/га, необходимо оставлять всю массу порубочных остатков на лесосеке, которая в полной мере не восполнит дефицита остальных элементов питания.

Используя информацию о потребности в элементах питания отдельных древесных пород и суммарном их количестве в почве и порубочных остатках сосновых, еловых, березовых, осиновых и дубовых насаждений, а также учитывая необходимое присутствие насекомых ксилобионтов и ксилотрофных грибов, влияющих на скорость разложения порубочных остатков, осуществлена оценка возможного изъятия биомассы порубочных остатков. При оформлении нормативов учи-

тывались особенности лесорастительных условий различных групп насаждений. В насаждениях хвойных, мелколиственных и широколиственных лесов нормативы приводятся по типам леса.

*Экономическая эффективность.* Древесная биомасса как энергетический источник по теплотворной способности уступает ископаемым видам топлива, однако имеет серьезные преимущества перед ними: возобновляемость, относительно меньший выброс диоксида углерода при сжигании, значительно меньшее содержание вредных веществ в золе по сравнению с минеральными видами топлива, возможность выращивания и заготовки вблизи мест потребления и др. Для удобства сравнения и расчетов по котельным, работающим на различных видах топлива, используется понятие условное топливо. 1 т у. т. равноценна 850 м<sup>3</sup> природного газа, 750 кг мазута, 3,76 пл. м<sup>3</sup> древесных отходов.

Используя стоимость топливной щепы в лесхозах и результаты наших исследований, установлено количество порубочных остатков, возможное к использованию для получения энергии. Сравнив его с применяемыми топливными ресурсами в Республики Беларусь, оценим ожидаемую экономическую эффективность использования порубочных остатков как топливного ресурса. Согласно данным [5], стоимость 1000 м<sup>3</sup> природного газа в Беларуси составила на 2010 г. 195 дол. США, 1 т мазута – 300 дол. США, 1 пл. м<sup>3</sup> топливной щепы – 24 дол. США. Следовательно, стоимость 1 т у. т. природного газа составит 166 дол. США; 1 т у. т. мазута – 225,1 дол. США, 1 т у. т. топливной щепы – 90,2 дол. США. Однако влажность щепы, изготовленной из порубочных остатков, в среднем составляет 50–60%, а иногда достигает и более 70%.

Таблица 2

**Оценка экономической эффективности использования порубочных остатков  
в энергетических целях**

Объем вырубленной стволовой древесины, м <sup>3</sup>	Объем образующихся порубочных остатков, м <sup>3</sup>	Количество изымаемых порубочных остатков для энергетических целей		Количество полученного из порубочных остатков топлива, т у. т.	Стоимость полученной щепы, дол. США	Стоимость эквивалентного количества других ТЭР, дол. США	
		%	м <sup>3</sup>			газ	мазут
<b>Сосновые насаждения</b>							
1 948 800	288 422,4	30	86 526,7	23 012	2 075 682	3 819 992	5 180 001
<b>Еловые насаждения</b>							
1 299 200	466 412,8	40	186 565,1	49 618	4 475 544	8 236 588	11 169 012
<b>Мелколиственные насаждения</b>							
2 652 900	177 744,3	30	53 323,0	14 182	1 279 216	2 354 212	3 192 368
<b>Широколиственные насаждения</b>							
132 900	10 499,1	20	2 099,8	558,5	50 377	92 711	125 718
<b>ИТОГО</b>							
6 033 800	943 078,6	–	328 514,6	87 370,5	7 880 819	14 503 503	19 667 100

Согласно ГОСТ 100145188.003-2009, топливная щепка, используемая в энергетических установках Беларуси, должна соответствовать 40% влажности.

В табл. 2 приведена стоимостная оценка полученной щепы, а также эквивалентного количества газа и мазута. Сопоставляя различия в стоимости различных видов ТЭР, можно заключить, что эффективность применения порубочных остатков при замещении ими газа составит около 6,6 млн. дол. США в год, а мазута – 11,8 млн. дол. США в год.

Таким образом, при повышении цен на природный газ и мазут применение порубочных остатков в качестве ТЭР позволит в определенной мере компенсировать возрастающие нагрузки на топливно-энергетическую отрасль республики.

**Выводы.** В результате проведенных исследований подготовлены Нормативы использования порубочных остатков в экологических и топливно-энергетических целях при проведении рубок леса.

Объемы оставления порубочных остатков на местах рубок с целью повышения плодородия и улучшения биологического разнообразия составили не менее 50% от всей массы порубочных остатков. В хвойных лесах они составляют от 50 до 80%, в мелколиственных – от 60 до 80% и твердолиственных – 80%.

Рассчитанные объемы изъятия порубочных остатков для энергетических целей составили: 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 мо-

щения волоков, следовательно, целесообразно оставление их на местах рубок.

За счет изъятия порубочных остатков для энергетических целей может быть получено около 87,4 тыс. т у. т., или 0,2% от общего количества ежегодно потребляемых энергоресурсов. Сопоставляя различия в стоимости разных видов ТЭР, можно заключить, что эффективность использования порубочных остатков при замещении ими газа составит около 6,6 млн. дол. США в год, а мазута – 11,8 млн. дол. США в год.

### Литература

1. Inforse-europe [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inforse.org/europe>. – Дата доступа: 03.02.2012.
2. Ремезов, Н. Н. Биологический круговорот азота и зольных элементов в лесных насаждениях / Н. Н. Ремезов, Л. Н. Быкова, К. М. Смирнова // Труды Ин-та леса Академии наук СССР. – М.; Л., 1955. – С. 167–194.
3. Ремезов, Н. П. Лесное почвоведение / Н. П. Ремезов, П. С. Погребняк. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – 324 с.
4. Продуктивность сосновых лесов / А. И. Бузыкин [и др.]; под общ. ред. А. И. Бузыкина. – М.: Наука, 1978. – 308 с.
5. Энергия биомассы Проект Правительства Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа// [http://energoeffekt.gov.by/bioenergy/htdocs/obuchenie\\_finrus.htm](http://energoeffekt.gov.by/bioenergy/htdocs/obuchenie_finrus.htm). – Дата доступа: 05.02.2012.
6. Щепка топливная. Технические условия: ТУ ВУ 100145188.003-2009. – Введ. 07.04.2009. – Минск: БелГИСС, 2009.

*Поступила 29.02.2012*