

УДК 630.37

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОДУКТОВ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В РАМКАХ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

© И.В. Григорьев, Е.Г. Хитров, А.И. Никифорова,
О.И. Григорьева, О.А. Куницкая

Ключевые слова: устойчивое лесопользование; многоцелевое лесопользование; экологическая эффективность; энергоёмкость продукции; качество процесса.

Рассмотрен вопрос оценки эффективности лесопользования по критерию, основанному на сопоставлении затрат энергии на заготовку продукции (энергетическая «стоимость») и энергоёмкости продукции лесопользования (энергетическая «себестоимость»). В результате статистической обработки данных о связи высоты древостоя, среднего диаметра ствола на высоте груди, количества деревьев на гектаре лесопокрытой площади, зависимости плотности древесины от влажности и массовой теплотворной способности от влажности получены приближенные уравнения для определения энергетической «себестоимости» продукции в виде стволов древесины пяти пород в зависимости от бонитета насаждения. Рассмотрены перспективы дальнейшей разработки методики оценки эффективности лесопользования по предлагаемому критерию.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее распространенное мнение о качестве проведения лесозаготовительных работ указывает на отказ от проведения сплошных рубок леса и максимально возможное сохранение подроста главных пород с целью содействия естественному лесовозобновлению для сокращения оборота рубки. Однако такой подход далеко не всегда оправдан, поскольку в лесах, где в качестве главной породы выбраны светолюбивые хвойные (сосна, лиственница), подрост данных пород практически отсутствует, а в лесах, образованных теневыносливыми хвойными (ель, пихта), большое количество сохраненного при лесозаготовках подроста погибает в первые 5–10 лет после сплошной рубки из-за резкого изменения микроклимата и светового режима после удаления материнского полога [1].

На основании этого можно сделать вывод о том, что на значительных лесных площадях сохранение подроста не является выгодным в связи с плохими перспективами его последующего развития или с его недостаточным количеством. В этом случае на первый план выходит последующее естественное лесовозобновление, основанное на обязательном сохранении семенников, подготовке почвы, очистке лесосек и пр. [2].

Таким образом, процент сохраненного при проведении лесосечных работ подроста не может служить однозначным критерием качества их проведения.

Отечественные и зарубежные ученые биологи и экологи сходятся во мнении, что сплошные рубки в условиях бореальных лесов, которые составляют большую часть лесов РФ, не являются препятствием для сохранения биологического разнообразия лесной среды [3]. Следовательно, отказ от проведения сплошных рубок главного пользования лесом также не может служить показателем качества лесопользования.

Для оценки качества процесса лесопользования на определенной лесной площади могут и должны использоваться экономические показатели, однако они в значительной степени будут зависеть от месторасположения лесного участка – удаленности от потребителей и развитости дорожной сети. Поэтому экономическая оценка также не может служить универсальным показателем эффективности рассматриваемого процесса.

Воспользуемся определением: «лес – это элемент географического ландшафта, состоящий из древесных, кустарниковых и травянистых растений, элементов животного мира и микроорганизмов, в своем биологическом развитии взаимосвязанных, и оказывающих влияние друг на друга и на окружающую среду» [4], также учтем перечень видов пользования лесом (содержащемся в Лесном кодексе РФ, принятом в 2006 г.), где указывается заготовка недревесных лесных ресурсов, пищевых ресурсов и лекарственных растений как один из вариантов лесопользования. В свете этого такие распространенные сравнительные характеристики, как съем древесины с 1 га лесной площади (в м³) и оборот рубки (лет) тоже не могут удовлетворить требованиям универсальности, поскольку не учитывают наличие недревесной и прижизненной продукции леса, а также различия в таксационных характеристиках насаждений.

Резюмируя, можно заключить, что до сих пор в не выработан единый подход к комплексной оценке экологической эффективности и определению показателей качества процесса лесопользования.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Как показано в [5], в качестве универсального показателя качества процесса лесопользования, учитывающего все различия в природно-производственных усло-

виях месторасположения лесных участков, можно принять показатель, найденный с использованием понятий «экологическая эффективность» и «качество энергии» [6].

Концепция этого показателя базируется на следующих соображениях. Леса относятся к экосистемам, движимым Солнцем с естественными и искусственными энергетическими субсидиями. По аналогии с сельским хозяйством, можно принять, что дополнительные энергетические субсидии тратятся на «выращивание и сбор урожая» – различные виды ухода за лесом, проведение лесопользований и доставку продукции до потребителей. Сюда же следует включить затраты энергии на проведение всех видов подготовки. Следовательно, как и в сельском хозяйстве, в котором «хлеб, рис, кукуруза и картофель, которые человечество использует в пищу, частично сделаны из нефти», так и продукты лесопользования могут быть оценены по энергоёмкости их получения [6].

В этом контексте разность между энергетической «себестоимостью» (энергозатратами на все фазы получения продуктов лесопользования) и энергетической «стоимостью» (энергоёмкостью) этих продуктов и будет показателем, характеризующим абсолютный экологический эффект процесса:

$$W_{\text{пр}} - W_{\text{затр}} = W_{\text{эф}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{пр}}$ – энергоёмкость продуктов лесопользования; $W_{\text{затр}}$ – затраты на все фазы получения продуктов лесопользования; $W_{\text{эф}}$ – энергетический эффект процесса лесопользования.

Другой вариант требования (1) можно записать так:

$$\frac{W_{\text{пр}}}{W_{\text{затр}}} \Rightarrow \max. \quad (2)$$

При оценке качества процесса лесопользования по предлагаемому критерию необходимо привести показатели энергоёмкости продуктов лесопользования и затраты на все фазы получения продуктов лесопользования к единой форме, которая и будет являться универсальной моделью для оценки эффективности процесса. Для этого требуется решение двух комплексов задач:

1) создание моделей для прогнозирования энергоёмкости заготовки продукции лесопользования различными системами машин (энергетическая «себестоимость»);

Таблица 1

Коэффициенты регрессионной модели (3) для определения энергоёмкости продукции лесопользования (на примере стволовой древесины) в зависимости от возраста древостоя и бонитета

Порода	Бонитет	Коэффициент					
		a_0	a_1	a_2	a_3	A_0	A_1
Сосна	I (Iв)	0,9	45,268	0,6883	0,0225	0,5282	1,1244
	II (Iб)	0,9	40,75	0,596	0,0239		
	III (Iа)	0,9	35,723	0,5104	0,0249		
	IV (I)	0,9	31,966	0,4303	0,0229		
	V (II)	0,9	28,536	0,348	0,0201		
	VI (III)	0,9	24,057	0,2615	0,0209		
	VII (IV)	0,9	19,948	0,186	0,022		
	VIII (V)	0,9	15,141	0,1258	0,0273		
	IX (Va)	0,9	11,143	0,0772	0,0337		
Ель	I (Iв)	0,9	47,588	0,4045	0,0322	0,1692	1,4654
	II (Iб)	0,9	42,902	0,3538	0,0322		
	III (Iа)	0,9	38,279	0,2999	0,0326		
	IV (I)	0,9	33,741	0,2375	0,0334		
	V (II)	0,9	29,036	0,1708	0,036		
	VI (III)	0,9	24,32	0,1196	0,038		
	VII (IV)	0,9	19,545	0,0802	0,0398		
	VIII (V)	0,9	15,617	0,0511	0,0438		
	IX (Va)	0,9	12,375	0,0353	0,0419		
Береза, осина	II (Iб)	0,95	37,24	1,1125	0,0146	0,1371	1,5369
	III (Iа)	0,95	33,785	0,8575	0,0108		
	IV (I)	0,95	29,805	0,6116	0,0146		
	V (II)	0,95	26,68	0,4244	0,017		
	VI (III)	0,95	21,172	0,2726	0,0268		
	VII (IV)	0,95	16,688	0,1639	0,0343		
Ива	VIII (V)	0,95	13,526	0,0942	0,0399	0,0884	1,7243
	I (Iв)	0,95	40,485	2,4002	–0,015		
	II (Iб)	0,95	37,197	1,6509	–0,007		
	III (Iа)	0,95	33,071	1,0526	0,0106		
	IV (I)	0,95	28,012	0,6504	0,027		
	V (II)	0,95	23,763	0,4005	0,0355		
	VI (III)	0,95	19,513	0,2451	0,0372		

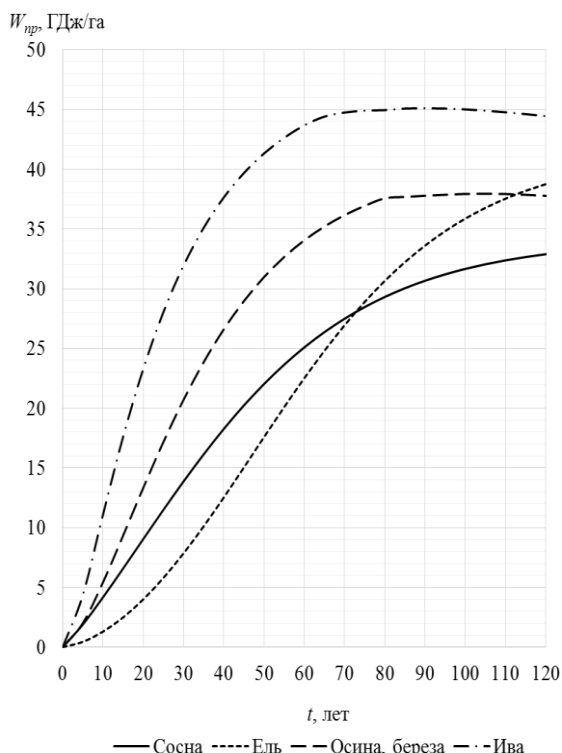


Рис. 1. Динамика накопления энергетической «стоимости» стволной древесины на 1 га лесопокрытой площади (II бонитета насаждений осины и березы и I насаждений сосны, ели и ивы)

2) создание моделей для оценки энергоёмкости продуктов лесопользования (энергетическая «стоимость»).

Очевидно, что столь объёмные задачи не могут быть решены в рамках одной исследовательской работы, в настоящей статье рассмотрим подзадачу второго комплекса, а именно – вопрос разработки моделей для оценки энергоёмкости продукции лесопользования (на примере стволной древесины) насаждений различных древесных пород.

Целью исследования является прогнозирование и анализ динамики энергоёмкости продуктов лесопользования в виде стволной древесины в рамках разработки методики оценки эффективности лесопользования по энергетическому эффекту.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами для исследования послужили справочные данные Федерального агентства лесного хозяйства, Федеральной таможенной службы, труды признанных ученых-древесиноведов, а также современные публикации в смежных областях знания. При проведении исследования использовались базовые методы статистической обработки справочных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В [7] представлены сведения о связи возраста древостоя, средней высоты дерева, диаметра ствола и количества деревьев на гектаре (однообразные ненарушенные насаждения) в зависимости от бонитета наса-

ждения. Эти сведения были использованы для получения приближенных зависимостей для определения запаса древесины на 1 га лесопокрытой площади в зависимости от возраста древостоя. Далее, с использованием рекомендаций по определению плотности древесины в воздушно-сухом состоянии, был осуществлен перевод полученных зависимостей в массу воздушно-сухой древесины, распределенную на 1 га лесопокрытой площади [8–9].

Опуская промежуточные выкладки, приведем окончательную формулу для определения энергетической «стоимости» стволной древесины на 1 га площади, полученную с использованием сведений [8] о связи теплотворной способности единицы массы древесины с ее влажностью (в зависимости от породы). Они имеют общий вид (ГДж/га):

$$W_{\text{пр}}(t) = A_0 \left\{ \frac{a_0 a_1 a_2 \exp \left[\frac{(a_0 a_1 a_3 + a_2) \cdot t}{a_1} \right] - a_0 a_1 a_2}{a_0 a_1 a_3 + a_2 \exp \left[\frac{(a_0 a_1 a_3 + a_2) \cdot t}{a_1} - 1 \right]} \right\}^{A_1} \quad (3)$$

Коэффициенты, входящие в формулу (3), для различных пород представлены в табл. 1.

По формуле (3) с использованием коэффициентов по табл. 1 построены графики на рис. 1, которые наглядно показывают динамику накопления энергетической «стоимости» стволной древесины на 1 га площади (на примере II бонитета для осины и березы и I для остальных рассмотренных пород).

ВЫВОД

Из графика на рис. 1 видно, что к возрасту спелости лиственных древесных пород (60 лет) они накапливают значительно больший запас энергии, нежели хвойные, возраст спелости которых составляет 120 лет, особенно ивы. В дальнейшем запас энергии лиственных падает из-за их перехода в разряд перестойных и увеличения отпада.

С учетом того, что на восстановление хвойных насаждений после окончательной рубки требуются значительные энергетические затраты на подготовку почвы и получение посадочного материала при искусственном лесовосстановлении, а мягколиственные породы имеют в два раза меньший оборот рубки, очевидно, что с точки зрения экологической (энергетической) эффективности лесопользования предпочтительно совершать севооборот, чередуя по времени хвойные насаждения с мягколиственными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обыденников В.И., Рожин Л.Н. Роль предварительного возобновления в формировании молодого поколения леса // *Технология и механизация лесосечных работ*. 1984. № 1. С. 106–111.
2. Григорьев И.В., Жукова А.И., Григорьева О.И., Иванов А.В. Средообразующие технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации. СПб.: Изд-во ЛТА, 2008. 176 с.
3. Григорьев И.В., Жукова А.И. Технологические аспекты сохранения биоразнообразия леса при проведении сплошных рубок // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2005. № 173. С. 52–58.
4. Мелюхов И.С. Лесоведение. М.: Лесная промышленность, 1980. 406 с.

5. Григорьев И.В., Никифорова А.И., Григорьева О.И., Куницкая О.А. Обоснование методики оценки экологической эффективности лесопользования // Вестник КрасГАУ. 2012. № 6. С. 72-77.
6. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. 328 с.
7. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., Нильссон С., Булуй Ю.И. Таблицы и модели роста и продуктивности основных лесообразующих пород. М.: Международный институт прикладного системного анализа, 2008. 886 с.
8. Пятакин В.И. Проблема повышения плавучести круглых лесоматериалов. М.: Лесная промышленность, 1976. 264 с.
9. Ляпустин С.Н., Шматкова Н.М., Белякова А.В. Краткий справочник по лесоматериалам. Пособие для работников таможенной службы. М.: WWF России, 2010. 76 с.

Поступила в редакцию 11 июля 2014 г.

Grigoryev I.V., Khitrov E.G., Nikiforova A.I., Grigoryev O.I., Kunitskaya O.A. DETERMINATION OF ENERGY INTENSITY OF FOREST PRODUCTS WITHIN METHODOLO-

GY FOR ASSESSING ECO-EFFICIENCY OF FOREST MANAGEMENT

The problem of evaluating the effectiveness of forest management criteria based on the comparison of energy consumption for the blank products (energy "cost") and energy production management (energy "cost") is considered. As a result of the statistical data on the relationship of the stand height, average trunk diameter at breast height, number of trees per hectare of forested area, dependence on the density of the wood from moisture and calorific value of the mass of moisture approximate equations for the energy "cost" of products in the form of wood trunks five species depending on the site quality stands are obtained. The prospects for further development of the methodology for assessing the effectiveness of forest use of the proposed criterion are considered.

Key words: sustainable forest management; multi-purpose forest management; environmental efficiency; energy intensity of production; quality of process.

Григорьев Игорь Владиславович, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии лесозаготовительных производств, e-mail: silver73@inbox.ru

Grigoryev Igor Vladimirovich, Saint-Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russian Federation, Doctor of Technics, Professor, Head of Technology of Timber Production Department, e-mail: silver73@inbox.ru

Хитров Егор Германович, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, аспирант, кафедра технологии лесозаготовительных производств, e-mail: tlzp@inbox.ru

Khitrov Egor Germanovich, Saint-Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russian Federation, Postgraduate Student, Technology of Timber Production Department, e-mail: tlzp@inbox.ru

Никифорова Антонина Ивановна, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии лесозаготовительных производств, докторант, e-mail: lif.spb.lta@mail.ru

Nikiforova Antonina Ivanovna, Saint-Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russian Federation, Candidate of Technics, Associate Professor of Technology of Timber Production Department, e-mail: lif.spb.lta@mail.ru

Григорьева Ольга Ивановна, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесоводства, e-mail: grigoreva_o@list.ru

Grigoryeva Olga Ivanovna, Saint-Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russian Federation, Candidate of Agriculture, Associate Professor of Technology of Forestry Department, e-mail: grigoreva_o@list.ru

Куницкая Ольга Анатольевна, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии лесозаготовительных производств, докторант, e-mail: ola.ola07@mail.ru

Kunitskaya Olga Anatolyevna, Saint-Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russian Federation, Candidate of Technics, Associate Professor of Technology of Timber Production Department, e-mail: ola.ola07@mail.ru