

ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛЕСНОГО КВАРТАЛА

Рукомойников К. П.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технический университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, Респ. Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3), e-mail: <http://www.volgatech.net>.

В статье предложен новый подход к обоснованию биоэнергетического потенциала лесных территорий, его структуры и методов определения. Методика позволяет оценить запасы энергии в основных компонентах биоэнергетической системы лесных территорий. Сделана попытка проанализировать динамику изменения биоэнергетического потенциала территорий лесных кварталов, учесть возможное размещение на них лесосечных отходов от ранее проведенных рубок леса, биоэнергетический потенциал почвенного покрова, формируемого на протяжении многих лет, а также предоставить возможность исследователю проследить последующие изменения, связанные с планируемыми на территории операциями лесосечных работ. Предложена блок-схема, характеризующая алгоритм расчета биоэнергетического потенциала лесных участков. Выведена формула для расчета, учитывающая различные показатели, характеризующие как лесную территорию, так и применяемую технологию ведения работ на территории лесного участка. Представленный алгоритм позволяет осуществлять расчет биоэнергетического потенциала в различных природно-производственных условиях. Полученные результаты могут быть использованы малообъемными лесозаготовительными предприятиями при проектировании рубок.

Ключевые слова: биоэнергетический потенциал, методика, лесная территория, лесозаготовка, лесная растительность.

THE BASIS OF CALCULATION ALGORITHM OF BIOENERGY POTENTIAL OF THE FOREST BLOCK

Rukomojnikov K. P.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia (424000, Yoshkar-Ola, street Lenin, 3), e-mail: <http://www.volgatech.net>.

The author propose a new approach to energy potential of forest areas, structures and methods. The technique allows to estimate amounts of energy as a critical component of bioenergy forests. The author attempt to analyze the dynamics of change in energy potential areas of compartment, to consider the possible deployment of them logging residues from prior logging, bio-energy potential of the forest land, which is formed over the years, as well as provide an opportunity for the researcher to track subsequent changes associated with planned in operations of logging operations. The author proposed a flow chart describing the algorithm calculating of energy potential of the forest district. The author proposed the formula for the calculation, which takes into account a variety of indicators of how forest area, and the technology used in the work of the forest area. The algorithm allows for the calculation of energy potential in various natural and industrial environments. The results can be used for small-volume logging enterprise.

Key words: biopower potential, technique, forest territory, forest exploitation, silva.

Введение. Анализ существующих методик расчета биоэнергетического потенциала [1, 2, 4] показывает, что основную часть многолетнего потенциала составляет биомасса стволовой древесины, которая формируется десятилетиями. Но применение стволовой древесины в энергетических целях нецелесообразно. Фактически энергетический потенциал биомассы должен рассчитываться либо до, либо после проведения основных операций лесосечных работ и вывозки заготовленной древесины с учетом остающейся на лесосеке лесной растительности и древесных отходов. Используемый в существующих методических рекомендациях расчет биоэнергетического потенциала без учета технологических аспектов лесной промыш-

ленности и факторов, предусматривающих необходимость проведения на территории операций лесосечных работ, имеет ограниченное практическое значение.

Цель исследования: формирование алгоритма расчета биоэнергетического потенциала лесного квартала на основе комплексного анализа природно-производственных условий места произрастания древесно-кустарниковой растительности.

Материал и методы исследования. Для достижения поставленной цели использован метод математического анализа. Предлагаемый алгоритм расчета биоэнергетического потенциала лесных кварталов представлен на рис.1. Данный алгоритм учитывает пять основных составляющих биоэнергетического потенциала лесного квартала: потенциал лесной надземной и подземной частей растительности; ее прироста в анализируемом периоде времени; биоэнергетический потенциал лесных почв, биоэнергетический потенциал древесных отходов от рубок прошлых периодов, биоэнергетический потенциал древесины при планируемых лесозаготовках будущих периодов.

Итоговая формула для расчета с использованием предложенного алгоритма примет вид:

$$\begin{aligned} \Pi = & \sum_{j=1}^m \sum_{g=1}^n \left(\frac{Q \cdot k_j \cdot k_{jg} \cdot \rho_{jg}}{l_j} \cdot \mathcal{E}_{jg} \right) + \sum_{i=0}^k \sum_{j=1}^m \sum_{g=1}^n \left(\frac{\Delta Q_i \cdot k_j \cdot k_{jg} \cdot \rho_{jg}}{l_j} \cdot \mathcal{E}_{jg} \right) + \\ & + \sum_{p=1}^h \sum_{j=1}^m \left(V_{jp}^{z.n} \cdot \frac{\sum_{f=1}^{d_p} N_{pjf}}{1 - \sum_{f=1}^{d_p} N_{pjf}} \right) + \left(\mathcal{Z}_{opz} + \sum_{i=1}^k (\mathcal{Z}_{ni} \cdot e_1 - \mathcal{Z}_{opg i} \cdot e_2) \right) \cdot \mathcal{E}_{opz} - \\ & - \sum_{b=1}^w \sum_{j=1}^m \sum_{a=1}^{v_b} \left(\frac{\hat{V}_j^{сырья} \cdot (k_{bja} - k_{bja}^{II.T.}) \cdot \rho_{ja} \cdot \mathcal{E}_{ja}}{l_j} \right). \end{aligned}$$

где: Π – биоэнергетический потенциал лесных территорий, ккал/т (Мдж/т); \mathcal{E}_{jg} – высшая теплотворная способность на сухую биомассу для g – фракции, анализируемой j породы древесины, ккал/т (Мдж/т) (табл.1); m – количество различных пород древесины на лесной территории; j – порядковый номер анализируемой породы древесины; n – количество анализируемых фракций лесной биомассы каждой из анализируемых пород деревьев; g – порядковый номер анализируемой фракции лесной биомассы; ρ_{jg} – плотность древесины g – фракции j -породы в абсолютно сухом состоянии; i – порядковый номер анализируемого года, следующего за текущим ($i=0\dots k$); k – количество лет, по итогам которых рассчитывается биоэнергетический потенциал лесного участка; Q – запас древесины j – породы на лесной территории, m^3 ; ΔQ_i – планируемый прирост запаса древесины на лесном участке в анализируемом году, m^3 ; k_j – доля анализируемой породы в составе древостоя, выраженная в долях единицы; l_j – объем стволовой древесины анализируемой породы в процентах от общего объема биомассы

дерева; k_{jg} – содержание g -фракции в процентах от общего объема биомассы дерева j -породы (табл.2); f – порядковый номер фракции древесных отходов формируемой при выполнении операций лесосечных работ; d_p – количество фракций древесных отходов, получаемых при выполнении операций лесосечных работ; $Z_{орг}$ – запас органического вещества почвы, т.; $\mathcal{E}_{орг}$ – энергосодержание органического вещества, ккал/т (Мдж/т); p – порядковый номер анализируемой готовой продукции, шт; h – количество наименований вывезенной готовой продукции (деревья, хлысты, сортименты, щепа и т.д.), шт.; где N_{pjf} – доля образования отходов f -фракции j -породы древесины при получении готовой продукции p – наименования; $V_{jp}^{z.n}$ – объем готовой продукции p -наименования j – древесной породы, вывезенный с лесного участка в ходе выполнения на нем лесосечных работ за несколько прошедших лет (ограниченных периодом перегнивания отходов), при производстве которого были получены отходы в виде f – фракции i – древесной породы, m^3 ; $Z_{ни}$ – урожайность многолетних лесных трав, опад листвы и хвои деревьев в i – году, т.; e_1 – коэффициент выхода остатков ($0,15 \div 0,2$); $Z_{орг\ i}$ – запас органического вещества почвы на начало i года, т.; e_2 – коэффициент минерализации гумуса в почве; Z_{jg} – масса g фракции для анализируемой породы деревьев, т; ΔZ_{ijg} – планируемое изменение массы g фракции для анализируемой породы деревьев за анализируемый год, обозначенный порядковым номером i , т; Z_{jg}^{omx} – масса отходов производства, полученных в результате лесосечных работ прошлых лет (срок анализа ограничен периодом сохранности лесосечных отходов в условиях лесосеки), т; \mathcal{E}_{jf} – высшая теплотворная способность на сухую биомассу для f – фракции, анализируемой j породы древесины, ккал/т (Мдж/т); $\Delta Z_{орг\ i}$ – изменение запаса органического вещества почвы возможное в i году, т.; $Z_{jb}^{Г.П}$ – масса готовой продукции b – наименования, j – древесной породы, которую планируется заготовить на лесной территории в анализируемом периоде, т; \mathcal{E}_{ja} – высшая теплотворная способность на сухую биомассу для b – наименования планируемой древесной продукции, ккал/т (Мдж/т); b – порядковый номер планируемого наименования готовой продукции в объеме будущих лесозаготовок, шт; a – порядковый номер фракции, входящей в состав планируемой готовой продукции b -наименования; v_b – количество фракций, которые будут получены при заготовке готовой продукции b -наименования в планируемом периоде; w – количество наименований готовой продукции (деревья, хлысты, сортименты, щепа и т.д.), которую планируется заготовить на анализируемой лесной территории, шт.; $V_{jp}^{сырья}$ – объем сырья j -породы, потребовавшийся для вывозки суммарного объема готовой продукции p -наименования, во время ранее проведенной рубки, m^3 ; \mathcal{E}_{ja} – высшая теплотворная способность на сухую биомассу для a – фракции фракций планируемых отходов лесной растительности

ности, анализируемой j породы древесины, ккал/т (Мдж/т); k_{bja} – содержание a -фракции, входящей в состав продукции b – наименования, в процентах от общего объема биомассы дерева j породы, %; $k_{bja}^{П.Т.}$ – технологические потери при заготовке a -фракции, входящей в состав продукции b – наименования j древесной породы, %; ρ_{ia} – плотность древесины a – фракции j -породы в абсолютно сухом состоянии.

Таблица 1

Удельная теплотворная способность горючей биомассы различных фракций и пород, ккал/кг

Порода	Стволовая древесина	Кора ствола	Хвоя, листва	Ветви с корой	Корни с корой
Сосняки	4870	4887	5148	4990	4799,1
Ельники	4830	4829	5108	4927	4829
Березняки	4762	4672,2	4503	4995,2	4672,2

Таблица 2

Объем фракций лесной растительности в процентах от общего объема биомассы дерева

Порода (j)	Стволовая древесина, % (l_j)	Пни, %	Корни с корой, %	Сучья, ветви с корой, %	Хвоя и листва, %	Кора ствола, %	Тонкомерные деревья, %	Сухостой и валежник на почвенного покрова
Сосна	72,5	2	11,5	5,6	1,9	6,5	10	10,8
Ель	62,8	2	16,5	7,1	3,9	7,7	10	4,0
Береза	64,5	2	10,8	9,6	2,2	10,9	10	-

Результаты исследования и их обсуждение. Таким образом, оценка биоэнергетического потенциала территорий лесных кварталов с позиции комплексного анализа позволила оценить запасы аккумулированной энергии в основных компонентах биоэнергетической системы лесных территорий и количество трансформируемой энергии, которая может быть мобилизована и использована для роста и воспроизводства древесных и кустарниковых растений, почвенной флоры и фауны. Количественно учтены основные экологические и биоэнергетические функции органического вещества почвы на территории лесных кварталов и произрастающей на ней лесной растительности как аккумулятора и источника энергии. Сделана попытка проанализировать динамику изменения биоэнергетического потенциала территорий лесных кварталов, учесть возможное размещение на них лесосечных отходов от ранее проведенных рубок леса, биоэнергетический потенциал почвенного покрова, формируемого на протяжении многих лет, а также предоставить возможность исследователю проследить последующие изменения, связанные с планируемыми на территории операциями лесосечных работ.

Выводы. Полученные результаты могут быть использованы малообъемными лесозаготовительными предприятиями при проектировании рубок и детальной оценке биоэнергетического потенциала осваиваемых лесных территорий.

Список литературы

1. Буйнов В. П., Быков А. И., Веретенников В. Г. Потенциал нетрадиционных источников тепло- и электроснабжения Беларуси // Изв. АНБ. Сер. физико-техн. наук. – 1992. – № 4. – С. 101-105.
2. Гелетуха Г. Г., Марценюк З. А. Энергетический потенциал биомассы в Украине // Пром. теплотехника. – 1998. – Т.20, № 4. – С. 52-55.
3. Исаев А. С., Суховольский В. Г., Хлебопрос Р. Г. и др. Моделирование лесообразовательного процесса: феноменологический подход // Лесоведение. – 2005. – № 1. – С.3–11.
4. Ключ С. В., Забарный Г. Н. Оценка и прогноз потенциала твердого биотоплива Украины // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – №2 (24). – 2011. – С.8-13.
5. Колобов А. Н. Численно-аналитическое исследование модели роста дерева в условиях конкуренции за свет // Математическая биология и биоинформатика. – 2012. – Т.7, № 1. – С. 125–138.
6. Bykhovets S. S., Zudina E. V., Zoubkova E. V. EFIMOD 2 – A model of growth and elements cycling of boreal forest ecosystems // Ecological Modelling. – 2003. – V.170. – P. 373–392.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет» по заданию Министерства образования и науки РФ в 2012 году № 7.1846.2011. по теме «Разработка основных технико-технологических подходов к внедрению и реализации промышленной технологии освоения лесных участков на базе комплексного решения задач технологического процесса лесосечно-лесовосстановительных работ с совмещенным лесовосстановлением».

Рецензенты:

Войтко Петр Филиппович, д.т.н., профессор, декан лесопромышленного факультета, ФГБОУ ВПО Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола.

Царев Евгений Михайлович, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина.