

*EU-FP6 ENSEMBLES and E-OBS of ECA&D projects were used. On the base of scales of ecological (climatic) amplitudes (by Didukh Ya.P.) amplitude of tolerance for 6 main forest forming tree species (Pinus silvestris L., Quercus robur L., Fagus sylvatica L., Picea abies (L.) Karst., Betula pendula Roth., Alnus glutinosa (L.) Gaertn.) were assessed by climate continentality and humidity (by Ivanov), and crioclimate. It was modeled spatial distribution of areas with different satisfactory conditions of climate (optimal, suboptimal, etc.) for studied species in 1961-1990, present, and forecasted by A1B scenario (IPCC) during 21<sup>st</sup> century.*

*For all studied main forest forming species climate humidity is the main limiting factor. According to the forecast, a significant reduction in the zone of optimum in 2081-2100 is expected, and the appearance of areas with unfavorable conditions, which increases the probability of changes in zonal vegetation types. In places with unfavorable climatic conditions significant decrease in the productivity of main forest forming species is predicted, gradual loss of their reproductive capacity, violation of seasonal development cycles, reduction of resistance to pests and diseases, and the increased risk of forest fires.*

**Keywords:** *climate change, forest phytocenoses, main forest forming species, tolerance amplitude, satisfactory of environmental conditions, climatic factors.*

**УДК 630\*64:630\*53(477)**

## **МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІОМАСИ ЛІСОПРОМИСЛОВИХ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ**

**Р. Д. ВАСИЛИШИН**, доктор сільськогосподарських наук,  
професор кафедри лісового менеджменту,

**О. В. ШЕВЧУК\***,

**В. В. СЛЮСАРЧУК\*\***,

**Ю. М. ЮРЧУК\***,

аспіранти (здобувачі) кафедри лісового менеджменту

**Національний університет біоресурсів і природокористування  
України**

*E-mail: rvasylys@ukr.net*

**Анотація.** Використання відходів переробки деревини для енергетичних цілей є структурною складовою організацій системи сталого використання лісових ресурсів. У цьому контексті у межах запропонованої роботи подано термінологічно-поняттєвий інструментарій і методуку оцінювання енергетичного потенціалу біомаси відходів переробки деревини (лісопромислових деревних

\* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор П. І. Лакида.

\*\* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, доцент Р. Д. Васишлин.

© Р. Д. Васишлин, О. В. Шевчук, В. В. Слюсарчук, Ю. М. Юрчук, 2017

відходів), що відповідають концептуальним засадам сталого лісоуправління.

Під час опрацювання методичних підходів до оцінювання енергетичного потенціалу біомаси лісопромислових деревних відходів запропоновано математичні залежності для оцінювання п'яти типів їхнього потенціалу: теоретично-можливого, технічно-доступного, екологічно-безпечного, економічно-доцільного та соціально-зумовленого. Ці типи методологічно враховують засади сталого лісоуправління, тобто поєднують питання екологічної безпеки та економічного розвитку регіонів, а також враховують соціальні особливості життя місцевих громад.

Запропонована методика дає змогу оцінювати як майбутній (прогнозний) потенціал біомаси лісопромислових деревних відходів, так і наявний.

**Ключові слова:** методика, енергетичний потенціал, деревна біомаса, лісопромислові деревні відходи, стале лісоуправління, енергія, лісові ресурси.

**Актуальність.** Нині питання утилізації відходів переробки деревини залишається пріоритетним для підприємств деревообробної галузі. В умовах постійного зростання вартості енергоресурсів ефективне використання деревних відходів на згаданих підприємствах не лише має позитивне економічне значення, а й збалансовує екологічні та соціальні аспекти взаємодії з місцевими громадами.

З набуттям чинності змін до Закону України «Про особливості державного регулювання діяльності суб'єктів підприємницької діяльності, пов'язаної з реалізацією та експортом лісоматеріалів» щодо тимчасової заборони експорту лісоматеріалів у необробленому вигляді, пріоритетним напрямом використання лісових ресурсів у межах підприємства лісової галузі має стати переробка деревини, що дасть змогу створити передумови для збільшення випуску продукції в обробленому вигляді та надходжень до бюджетів об'єднаних територіальних громад. Активізація процесу переробки круглих лісоматеріалів на лісогосподарських підприємствах призвела до формування значних обсягів лісопромислових відходів, які мають стати важливим джерелом відновлювальної енергії для галузевих підприємств, а також для об'єктів соціальної інфраструктури того чи того регіону.

У сучасних реаліях, серед основних проблем, що впливають на ефективність використання зазначеного ресурсу, варто виокремити недостатнє фінансове забезпечення підприємств лісової галузі для впровадження сучасних інноваційних технологічних схем перетворення деревної біомаси відходів на теплову енергію, а також брак обґрунтованого методичного та інформаційного інструментарію для оцінювання наявного та прогнозного енергетичного потенціалу біомаси лісопромислових відходів [1; 7].

Наукові дослідження у цьому напрямі сьогодні реалізують у багатьох країнах світу [2; 4; 5; 6], і вони спрямовані передусім на максимізацію частки відновлювальних енергетичних ресурсів у структурі власного енергоспоживання.

**Мета дослідження** – запропонувати термінологічно-поняттєвий інструментарій і методику оцінювання енергетичного потенціалу біомаси лісопромислових деревних відходів, що відповідає концептуальним засадам сталого лісоуправління.

**Матеріали та методи дослідження.** Наукові дослідження, що пов'язані з опрацюванням методичних підходів до оцінювання енергетичного потенціалу біомаси лісопромислових деревних відходів, поєднали в собі використання великої кількості методів і форм наукового пізнання.

Методологічний рівень досліджень у межах наукової роботи реалізовували із застосуванням системного підходу, який передбачає необхідність комплексного вивчення явищ і базується на теорії систем [1; 3]. Такий підхід дав змогу забезпечити розв'язання поставлених завдань.

Враховуючи, що лісові ресурси є важливою структурною складовою економічної компоненти регіонального природокористування, їх використання має базуватися на збереженні навколишнього природного середовища та забезпеченні соціально-економічного розвитку місцевих громад. Методологічною основою оцінювання енергетичного потенціалу біомаси лісопромислових відходів слугує концепція сталого лісоуправління, яка передбачає екосистемно організоване, комплексне, екологічно збалансоване та законодавчо врегульоване відповідними природоохоронними нормами та обмеженнями використання деревних лісових ресурсів та їх відходів.

Методичні особливості оцінювання енергетичного потенціалу біомаси лісопромислових деревних відходів реалізовані для таких його типів: теоретично-можливого, технічно-доступного, екологічно-безпечного, економічно-доцільного та соціально-зумовленого [1].

**Результати дослідження та їх обговорення.** У межах цього дослідження поняття лісопромислових деревних відходів або відходів переробки деревини змістовно охоплює різні структурні видові одиниці деревної біомаси, що утворюються в процесі промислової (господарської) переробки (обробки) деревини. До них належать відходи виробництва (зіпсовані (забраковані) під час виготовлення вироби), кускові залишки деревини, кора, тирса, тріска тощо.

З метою достовірного оцінювання кількісних показників енергетичного потенціалу згаданого структурного компонента деревної біомаси лісів, який використовують як для прямого спалювання (в опалювальних котлах деревообробних підприємств), так і для виробництва твердих видів палива (гранули, брикети тощо), у роботі запропоновано методичний підхід, що враховує концептуальні засади сталого лісоуправління.

Загальну схему розрахунку потенціалу лісопромислових деревних відходів зображено на рисунку [1]. При цьому, особливістю оцінювання різних типів енергетичного потенціалу лісопромислових відходів є достатньо обмежений обсяг доступної інформації, а тому їхні кількісні значення мають досить узагальнений характер. У цьому контексті слід зазначити, що, враховуючи особливості використання відходів переробки деревної сировини, на нашу думку, їхній технічно-доступний потенціал за своїм абсолютним значенням має дорівнювати екологічно-безпечному, економічно-доцільному та соціально-зумовленому потенціалу [1].



**Рис. Загальна схема розрахунку енергетичного потенціалу лісопромислових деревних відходів**

Теоретично-можливий енергетичний потенціал зазначеної ресурсної сировини можна встановити, використавши таку формулу:

$$P_{ЛПДВ}^{теор-м}_{a,j} = \sum_{i=1}^n \left[ \begin{matrix} [CTZ_i^{ст-пер} \cdot ЧДД_i^{ст-пер} \cdot K_{тех}^{у.в.}] + \\ [CTZ_i^{прж-прх} \cdot K_i^{чзв} \cdot ЧДД_i^{прж-прх} \cdot K_{тех}^{у.в.}] + \\ [CTZ_i^{ірфол} \cdot K_i^{чзв} \cdot ЧДД_i^{ірфол} \cdot K_{тех}^{у.в.}] \end{matrix} \right], \quad (1)$$

де  $ПЛПДВ_{a,j}^{теор-м}$  – теоретично-можливий енергетичний потенціал лісопромислових деревних відходів  $a$ -го року на території  $j$ ,  $m^3$ ;  $СТЗ_i$  – теоретично-можливий стовбуровий запас  $i$ -ї деревної породи, призначений для вирубування в поточному році в межах рубок головного користування ( $СТЗ_i^{см-неп}$ ), проріджування і прохідної рубки ( $СТЗ_i^{нр.жс-нрх}$ ), а також інших рубок формування й оздоровлення лісів (РФОЛ) (окрім рубок догляду в молодняках) ( $СТЗ_i^{рфол}$ ),  $m^3$ ;  $ЧДД_i$  – теоретично-можлива частка ділової деревини  $i$ -ї деревної породи;  $K_i^{сз}$  – коефіцієнт, який відображає теоретично-можливий ступінь зрідження деревостану (визначають на основі співвідношення відносних повнот до і після рубки, відповідно до затверджених правил);  $K_i^{чзб}$  – коефіцієнт, який відображає теоретично-можливу частку запасу, що вибирається у процесі інших РФОЛ;  $K_{тех}^{y.в.}$  – технічний коефіцієнт утворення відходів, який розраховують на основі нормативних галузевих документів.

Особливістю оцінювання різних типів потенціалу лісопромислових відходів є достатньо обмежений обсяг доступної інформації, а тому їхні кількісні значення мають доволі узагальнений характер. У цьому контексті слід зазначити, що технічно-доступний потенціал, який розраховують за рівнянням (2), на нашу думку, за своїм абсолютним значенням дорівнюватиме іншим типам потенціалу.

$$ПЛПДВ_{a,j}^{тех-д} = ПЛПДВ_{a,j}^{теор-м} \cdot (1 - K_{e.к.л.}) \cdot (1 - K_{в.в.}), \quad (2)$$

де  $ПЛПДВ_{a,j}^{тех-д}$  – технічно-доступний енергетичний потенціал лісопромислових деревних відходів  $a$ -го року на території  $j$ ,  $m^3$ ;  $K_{e.к.л.}$  – коефіцієнт експорту круглого лісу, який розраховують як відношення об'єму експортованої ділової деревини (у необробленому вигляді) до загального об'єму її заготівлі. На рівні адміністративної області він також враховує вивезення зазначеної продукції за межі області;  $K_{в.в.}$  – коефіцієнт використання відходів, визначають як відношення об'єму лісопромислових відходів, які надходять на повторну переробку, до загального обсягу їх утворення (на основі галузевих статистичних даних).

$$ПЛПДВ_{a,j}^{екол-б} = ПЛПДВ_{a,j}^{тех-д} = ПЛПДВ_{a,j}^{екон-в} = ПЛПДВ_{a,j}^{соц-з}, \quad (3)$$

де  $ПЛПДВ_{a,j}^{екол-б}$  – екологічно-безпечний енергетичний потенціал лісопромислових деревних відходів  $a$ -го року на території  $j$ ,  $m^3$ ;  $ПЛПДВ_{a,j}^{тех-д}$  – технічно-доступний енергетичний потенціал лісопромислових деревних відходів  $a$ -го року на території  $j$ ,  $m^3$ ;  $ПЛПДВ_{a,j}^{екон-в}$  – економічно-вигідний енергетичний потенціал лісопромислових деревних відходів  $a$ -го року на території  $j$ ,  $m^3$ ;

$ПЛПДВ_{a,j}^{соц-з}$  – соціально-зумовлений енергетичний потенціал лісопромислових деревних відходів  $a$ -го року на території  $j$ , м<sup>3</sup>.

Щодо територіальних обмежень при оцінюванні потенціалу лісопромислових відходів, то варто зауважити, що мінімальним (початковим) рівнем оцінки може бути рівень адміністративної області.

Запропонована методика, яка не має аналогів в Україні, дасть змогу здійснити кількісну оцінку показників різних типів енергетичного потенціалу лісопромислових деревних відходів як інформаційного інструментарію для сталого та багатоцільового використання лісових ресурсів країни.

**Висновки і перспективи.** Отже, розроблені методичні підходи дають змогу оцінювати як майбутній потенціал біомаси лісопромислових деревних відходів за допомогою прогнозування або припущення про майбутні зміни в обсягах щорічних лісогосподарських заходів, так і наявний потенціал, використовуючи галузеву інформацію щодо вже здійснених рубок та інших показників лісогосподарського виробництва. Крім цього, запропоновані методичні підходи базуються на основних засадах сталого лісоуправління, комплексно вирішуючи питання утилізації відходів переробки деревини, покращення стану довкілля, продукування відновлювальної «зеленої» енергії та забезпечення розвитку низьковуглецевої економіки.

#### Список використаних джерел

1. Васишин Р. Д. Продуктивність та еколого-енергетичний потенціал лісів Українських Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук : спец. 06.03.02. «Лісовпорядкування і лісова таксація» / Р. Д. Васишин. – К., 2014. – 46 с.
2. Васишин Р. Д. Биологическая и энергетическая продуктивность хвойных насаждений в Украинском Полесье / Р. Д. Васишин, П. И. Лакида, Г. С. Домашовец, А. А. Слива, А. В. Шевчук, М. А. Лакида // Проблемы лесоведения и лесоводства : сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. – 2016. – Вып. 76. – С. 20–29.
3. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор : монографія / [А. З. Швиденко, П. І. Лакида, Д. Г. Щепаченко та ін.]. – Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2014. – 283 с.
4. Availability, supply technology and costs of residual forest biomass for energy – A case study in northern China / P. Anttila, L.-M. Vaario, P. Pulkkinen et al. // Biomass and bioenergy. – 2015. – Vol. 83. – P. 224–232.
5. Johnston C. M. T. Economic consequences of increased bioenergy demand / C. M. T. Johnston, G. C. van Kooten // Forestry Chronicle. – 2014. – Vol. 90 (5). – P. 636–642.
6. Hakkila P. Factors driving the development of forest energy in Finland / P. Hakkila // Biomass and bioenergy. – 2006. – Vol. 30. – P. 281–288.
7. Mitigating climate change by utilization of energy potential of Ukrainian forests / P. Lakyda, R. Vasylyshyn, S. Zibtsev, I. Lakyda // Tackling climate

change: the contribution of forest scientific knowledge : International conference, 21–24 May, 2012. : abstracts. – Tours (France), 2012. – P. 312.

### References

1. Vasylyshyn, R. D. (2014). Produktivnist ta ekolooho-enerhetychnyi potentsial lisiv Ukrainskykh Karpat [Productivity, ecological and energy potential of forests in Ukrainian Carpathians]. Extended abstract of Doctor's thesis. Kyiv, 46.
2. Vasylyshyn, R. D., Lakyda, P. I., Domashovets, G. S., Slyva, O. A., Shevchuk, O. V., Lakyda, M. O. (2016). Biologicheskaja i jenergeticheskaja produktivnost' hvojnyh nasazhdenij v Ukrainskom Poles'e [Biological and energy productivity of coniferous stands in Ukrainian Polissya]. Problems of silvics and silviculture: Collection of scientific papers of IF of NAS of Belarus, 76, 20–29.
3. Shvidenko, A. Z., Lakyda, P. I., Schepaschenko, D. G., et al. (2014). Vuhlets, klimat ta zemleupravlinnia v Ukraini: lisovyj sektor : monografija [Carbon, climate and land-use in Ukraine: forest sector: monograph]. Korsun-Shevchenkivsky, 283.
4. Anttila, P., Vaario, L-M., Pulkkinen, P., et al. (2015). Availability, supply technology and costs of residual forest biomass for energy – A case study in northern China. Biomass and bioenergy, 83, 224–232.
5. Johnston, C. M. T., van Kooten, G. C. (2014). Economic consequences of increased bioenergy demand. Forestry Chronicle, 90 (5), 636–642.
6. Hakkila, P. (2006). Factors driving the development of forest energy in Finland. Biomass and bioenergy, 30, 281–288.
7. Lakyda, P., Vasylyshyn, R., Zibtsev, S., Lakyda, I. (2012). Mitigating climate change by utilization of energy potential of Ukrainian forests. Tackling climate change: the contribution of forest scientific knowledge: international conference, 21–24 May. Tours, 312.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БИОМАССЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

**Р. Д. Василишин, А. В. Шевчук, В. В. Слюсарчук, Ю. Н. Юрчук**

*Аннотация.* Использование отходов переработки древесины для энергетических целей является структурной составляющей организации системы устойчивого использования лесных ресурсов. В этом контексте, в рамках данной работы предлагается терминологически-понятийный инструментарий и методика оценки энергетического потенциала биомассы отходов переработки древесины (лесопромышленных древесных отходов), соответствующие концептуальным основам устойчивого лесопромышленного управления.

В ходе разработки методических подходов к оценке энергетического потенциала биомассы лесопромышленных древесных отходов предложены математические зависимости для оценки пяти

типов их потенциала: теоретически-возможного, технически-доступного, экологически-безопасного, экономически-целесообразного и социально-обусловленного. Эти типы потенциала методологически учитывают принципы устойчивого лесопромышленного управления, то есть объединяют вопросы экологической безопасности и экономического развития регионов, а также учитывают социальные особенности жизни местных общин.

Предложенная методика позволяет оценивать как будущий (прогнозный) потенциал биомассы лесопромышленных древесных отходов, так и имеющийся.

**Ключевые слова:** методика, энергетический потенциал, древесная биомасса, лесопромышленные древесные отходы, устойчивое лесопромышленное управление, энергия, лесные ресурсы.

## **METHODICAL FEATURES OF ESTIMATION OF ENERGY BIOMASS POTENTIAL FOR WASTES OF WOOD PROCESSING**

**R. Vasylyshyn, O. Shevchuk, V. Slyusarchuk, Yu. Yurchuk**

**Abstract.** *The use of wastes of wood processing for energy purposes is a structural component for organization of the system of sustainable use of forest resources. In this context, within the scope of this work, the terminological and conceptual tools and methods for estimating the energy potential of biomass of the wastes of wood processing (forest wood wastes) are suggested, which are in line with the conceptual foundations of sustainable forest management.*

*In the course of elaborating of the methodological approaches to estimating the energy potential of wastes of wood processing biomass, mathematical dependencies were suggested for the estimation of the five types of their potential: theoretically possible, technically accessible, ecologically safe, economically profitable, and socially conditioned ones. These types methodologically make allowance for the principles of sustainable forest management, that is, combining issues of environmental security and economic development of the regions, as well as taking into account the social characteristics of the lives of local communities.*

*Suggested methodology allows estimating both the future (anticipated) potential of the forestry wood waste biomass as well as the present one.*

**Keywords:** *methodology, energy potential, wood biomass, forest wood waste, sustainable forest management, energy, forest resources.*