



М. І. Максимів

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4888-1814> – М. І. Максимів



maksymiv.mi@ntu.lviv.ua

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗНАЧЕННЯ ВІДХОДІВ ЛІСОВОЇ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ ЯК БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕСУРСУ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ПОМ'ЯКШЕННЯ НАСЛІДКІВ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Лісова деревна біомаса є відновлюваним джерелом енергії і складником підвищення енергоефективності й енергетичної безпеки. Сектор виробництва енергії з біомаси зазнав найменших втрат від бойових дій завдяки розосередженості, на відміну від інших напрямів відновлюваної енергетики. Метою дослідження є обґрунтування доцільності та стратегічної важливості використання відходів лісової деревної біомаси в енергетичних цілях в контексті вимог сталого розвитку і пом'якшення наслідків зміни клімату. На основі методу системного аналізу досліджено потенціал та перспективи використання відходів лісової деревної біомаси для цілей біоенергетики. Наведено критерії сталості лісової деревної біомаси Європейського Союзу з погляду їх імплементації в Україні.

Для цілей статті використано термін "відходи лісової деревної біомаси лісопромислового комплексу", що охоплює залишки від лісгосподарських заходів і лісозаготівель та побічні продукти вторинного перероблення деревини. Проаналізовано нормативно-правову базу, що регулює сектор біоенергетики на основі лісової біомаси. Проведено порівняльну оцінку рівня заготівлі деревини і визначено стратегічні напрями узгодження споживчого попиту зі збереженням біорізноманіття та послуг лісових екосистем. Результати дослідження демонструють, що Україна має достатній потенціал для збільшення обсягів енергетичної біомаси шляхом мобілізації порубкових залишків і відходів вторинного перероблення деревини. Підкреслено, що рішення щодо способів використання деревних відходів як джерела енергії повинні базуватися на каскадному принципі і критеріях сталості біомаси.

Наукова новизна дослідження полягає в обґрунтуванні концептуальних підходів до використання відходів деревини лісопромислового комплексу як енергетичного ресурсу, узгодженого з критеріями сталості, принципом каскадного використання. Подальші дослідження слід зосередити на визначенні оптимальних обсягів вилучення порубкових залишків з лісів, вивчення взаємозв'язку біоенергетики зі змінами клімату, а також вдосконаленні технологій збору й утилізації лісової біомаси для енергетичних цілей. Вивчення впливу бойових дій на розвиток сталої лісової біоенергетики потребує окремого ґрунтового дослідження.

Ключові слова: лісова деревна біомаса, відходи, біоенергетика, відновлювана енергія, критерії сталості лісової біомаси, каскадне використання, пом'якшення наслідків зміни клімату, RED III.

М. І. Maksymiv

Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

JUSTIFICATION OF THE SIGNIFICANCE OF FOREST WOODY BIOMASS RESIDUES AS A BIOENERGY RESOURCE IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND CLIMATE CHANGE MITIGATION

Forest woody biomass is a renewable energy source and a component in improving energy efficiency and energy security. The biomass energy sector has suffered the least damage from hostilities due to its dispersed nature, unlike other areas of renewable energy. The aim of the study is to substantiate the feasibility and strategic importance of using forest woody biomass waste for energy purposes in the context of sustainable development requirements and climate change mitigation. Using the method of system analysis, the potential and prospects for using forest woody biomass waste for bioenergy purposes were examined. The sustainability criteria for forest biomass adopted in the European Union are presented in terms of their implementation in Ukraine.

For the purposes of the article, the term “forest woody biomass waste of the forest industry complex” is used, encompassing residues from forest management and logging activities, as well as by-products of secondary wood processing. The regulatory framework governing the bioenergy sector based on forest biomass is analyzed. A comparative assessment of timber harvesting levels is provided, and strategic directions are identified for aligning consumer demand with the preservation of biodiversity and forest ecosystem services. The results of the study demonstrate that Ukraine has sufficient potential to increase the volume of energy biomass by mobilizing logging residues and wood-processing waste. It is emphasized that decisions on the use of wood waste as an energy source must be based on the cascade principle and biomass sustainability criteria.

The scientific novelty of the study lies in substantiating conceptual approaches to using wood waste from the forest industry as an energy resource in accordance with sustainability criteria and the cascade use principle. Further research should focus on determining the optimal volumes of logging residue removal from forests, exploring the relationship between bioenergy and climate change, and improving technologies for collecting and utilizing forest biomass for energy purposes. The impact of hostilities on the development of sustainable forest bioenergy requires a separate, in-depth study.

Keywords: forest woody biomass, waste, bioenergy, renewable energy, forest biomass sustainability criteria, cascade use, climate change mitigation, RED III.

Вступ

Лісова деревна біомаса - один із основних видів ресурсів біоекономіки замкнених циклів, яку використовують для виготовлення продукції та виробництва енергії. Зростаючий попит на деревну біомасу в світі через збільшення чисельності населення і потреба в стратегії протидії змінам клімату змушують нас по-іншому поглянути на використання лісової деревної біомаси. Потенціал лісової біомаси використовується недостатньо через прогалини в законодавстві, відсутність механізмів сертифікації сталості, низький рівень інвестицій у технології збору й перероблення деревних відходів.

Розвиток і широке запровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) – стратегічний напрям забезпечення сталого розвитку, енергетичної безпеки та декарбонізації економіки. Лісова деревна біомаса є невід’ємним складником ВДЕ і поєднує енергетичний, екологічний, соціально-економічний потенціал. Її використання дозволяє скоротити залежність від імпорту викопних палив, створювати робочі місця в регіонах, сприяти розвитку кругової біоекономіки.

Сектор біоенергетики в результаті окупації та руйнування зазнав негативного впливу на рівні близько 5 % – менше, ніж інші сектори ВДЕ і традиційної енергетики, завдяки тому, що проекти біоенергетики значно більше розосереджені територією України, ніж інші [7]. Лісова біоенергетика – один із найперспективніших секторів економіки України з потенціалом для нарощування [5, 22]. Біоенергію можна отримувати з біомаси у вигляді тепла, електроенергії або біопалива (твердого, рідкого, газоподібного) за допомогою термохімічних або біохімічних процесів. Вуглекислий газ, утворений під час спалювання біомаси, компенсується повторним висаджуванням рослин, які його поглинають і він повертається для нового циклу росту [25].

Європейський Союз у межах Європейської Зеленої угоди і Директиви про відновлювану

енергію *RED III* [27] встановив чіткі критерії сталості лісової біомаси, що визначають умови її виробництва, походження та використання. Адаптація їх в Україні сприяє процесу інтеграції в європейський енергетичний простір і прискоренню низьковуглецевого переходу.

Лісова біоенергетика охоплює широкий спектр наукових досліджень – від вирощування лісу та заготівлі паливної деревини, сталості її походження вздовж ланцюга створення вартості [1, 3, 4, 37], визначення енергетичного потенціалу біомаси [5, 6, 10, 13, 15, 17, 22, 29, 32] і технологій її утилізації для енергетичних цілей до соціо-еколого-економічних аспектів ролі деревного палива в забезпеченні енергетичного добробуту лісосалежних громад [36] і сталого, технологічно прогресивного майбутнього на базі зорієнтованого на людину штучного інтелекту і переходу до моделі Лісового господарства 5.0 (*Forestry 5.0*) [31].

Аналіз наукової літератури показав достатньо ґрунтовне відображення переваг розвитку біоенергетики. Разом із тим, ризики на шляху сталого розвитку біоенергетики, такі як надмірне вирубування лісів, конкуренція за земельні ресурси та зміни в землекористуванні внаслідок розширення площ енергетичних культур, питання вуглецевої нейтральності лісової біомаси як джерела енергії все ще не до кінця з’ясовані і потребують подальших досліджень. Ретельного аналізу потребує вплив війни в Україні на перспективи розвитку лісової біоенергетики.

Метою статті є комплексний аналіз потенціалу й обґрунтування можливості і доцільності використання відходів лісової деревної біомаси в енергетичних цілях з урахуванням вимог сталого розвитку та пом’якшення наслідків зміни клімату в планетарних межах.

Методи дослідження

Дослідження базується на методі системного аналізу, що дає змогу розглядати лісову

біоенергетику як комплексну систему, що охоплює екологічні, технологічні, економічні, політичні аспекти. Такий підхід забезпечує виявлення взаємозв'язків між використанням лісових ресурсів, енергетичним сектором і регуляторною політикою. Основними джерелами інформації є статистичні дані Державного агентства лісових ресурсів України, Міністерства енергетики України, аналітичні матеріали Біоенергетичної асоціації України (UABIO), WWF Україна, нормативно-правові акти ЄС – Директива RED III та Лісова стратегія ЄС до 2030 р.

Дослідження складається з трьох основних аналітичних етапів:

1. Аналіз політики та сценаріїв – вивчення чинного національного законодавства та його сумісності з директивами ЄС; формулювання рекомендацій щодо сталого інтегрування енергії лісової деревної біомаси в енергетичну систему України.

2. Оцінювання ресурсного потенціалу – визначення обсягів лісових відходів, придатних для енергетичного використання.

3. Оцінювання сталості – аналіз відповідності екологічним критеріям ЄС та принципу каскадного використання деревини.

Кількісні дані було оброблено за допомогою статистичного аналізу тенденцій та методів порівняльної оцінки. Якісна оцінка базувалася на контент-аналізі законодавчих документів. Таким чином, методологічний підхід забезпечує емпіричну надійність і актуальність.

Результати дослідження та обговорення

Глобальні зміни клімату і Цілі сталого розвитку (ЦСР)

Зміни клімату створюють значні виклики і загрози для виживання людства і суспільного розвитку [26]. Серед головних причин – традиційні способи виробництва і споживання на тлі енергоємного економічного зростання та виснаження природних ресурсів. Глобальний екологічний слід збільшився за останні пів століття майже вдвічі, що посилює дисбаланс в симбіотичному зв'язку між людиною й екосистемою. 80 % світового населення проживає в країнах з екологічним дефіцитом (*Global Footprint Network, 2022*).

У Звіті про сталий розвиток 2025 (*Sustainable Development Report 2025*) представлено рейтинг досягнення країнами світу ЦСР (*The 2025 SDG Index Ranks and Scores*): Україна посіла в ньому 42 місце з показником 75,7 серед загалом 167 країн. Фінляндія з індексом 87,0 очолила рейтинг. У 2016 р. показник для України становив 67,7, а у 2023 р. – 78,7. У досягненні ЦСР 7 «Доступна та чиста енергія» України характеризується переважно стадією стагнації.

Досягнення ЦСР ускладнюють глобальні виклики. Звіт *Global Risks Report 2025* фіксує наростання геополітичних, екологічних, соціальних, технологічних загроз, серед них: збройні конфлікти, екстремальні погодні явища, гео економічне протистояння, спад економіки, зміна земельних екосистем. Основні виклики для України – вимушена міграція; атаки на критичну інфраструктуру; війна; криза робочої сили; державний борг.

Проблема сталого розвитку, пов'язана зі збільшенням попиту на біомасу як джерело енергії, є актуальною й еволюціонує в міру зміни пріоритетів. Сучасні приклади охоплюють соціальні конфлікти і негативні впливи на довкілля через виробництво біопалива першого покоління на землях, придатних для вирощування продовольчих культур; вирубування лісів і вплив зміни землекористування через створення енергетичних плантацій [38].

Планетарні межі

В останнє десятиліття наука про сталий розвиток перейшла від питань дефіциту ресурсів до проблеми глобальних обмежень і вивчення планетарних меж, що підтримують безпечний життєвий простір. Концепція планетарних меж окреслює біофізичні та біохімічні системи і процеси, що регулюють стан планети в історично відомих межах і підтримують стабільність системи Землі та життєзабезпечення. Межі зміни клімату і цілісності біосфери визначено як основні: перевищення межі зміни клімату може збільшити ризики в інших планетарних межах. Тривалий час ліси були найбільшим наземним біомом, що мав найтісніший функціональний зв'язок з кліматичною системою. Антропогенний тиск призвів до зміни клімату та земельних систем поза межами їх безпечного діапазону приблизно в 1988 р. [35].

Упродовж багатьох століть використання деревини для задоволення потреб в опаленні, приготуванні їжі, будівництві житла було обмежене не лісовими ресурсами, а знаряддями праці для заготівлі й оброблення деревини. Сьогодні ліси відносять до дефіцитних ресурсів і обмежувальним чинником є вже не знаряддя праці, а наявність і доступність лісових ресурсів.

Нормативно-правове забезпечення розвитку сталої біоенергетики в Україні

Україна свого часу зобов'язалася до 2030 р. скоротити викиди парникових газів до рівня 35 % порівняно з 1990 р. і, попри виклики війни, ставить за мету сталий розвиток енергетики. Прийнято ряд програмних документів щодо ВДЕ: Енергетична стратегія України до 2050 р., Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2030 р., Стратегія формування та

реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2035 р. тощо.

Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року, затверджений розпорядженням КМУ від 13 серпня 2024 р. № 761-р, трактує використання ВДЕ як один із найважливіших напрямів енергетичної політики України для заміщення традиційних паливно-енергетичних ресурсів, поліпшення стану довкілля, запобігання зміні клімату, забезпечення енергонезалежності й енергетичного убезпечення держави. Збільшення частки відновлюваних джерел в енергетичному балансі – міжнародне зобов'язання щодо декарбонізації економіки, скорочення викидів парникових газів, згладження наслідків запровадження прикордонного вуглецевого податку *CBAM* (*Carbon Border Adjustment Mechanism*) з боку ЄС. Вектор розвитку відновлюваної енергетики в Україні охоплює імплементацію законодавства ЄС у сфері ВДЕ.

Законодавство ЄС у галузі біоенергетики

У контексті Європейської Зеленої Угоди Регламент 2021/1119, відомий як Європейський кліматичний закон, містить юридично обов'язкову мету досягнення кліматичної нейтральності в ЄС до 2050 р. і скорочення викидів парникових газів мінімум на 55 % до 2030 р. порівняно з рівнем 1990 р. Закон створює правову основу для кліматичної політики ЄС, зокрема механізми моніторингу, підзвітності та наукового нагляду для досягнення поставлених цілей.

План *REPowerEU* (2022) містить мету збільшення частки ВДЕ в загальному кінцевому споживанні ЄС до 45% [2]. Регламент ЄС про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел *RED III* [27] регламентує використання деревини відповідно до її найвищої еколого-економічної доданої вартості (каскадний принцип) у такому порядку пріоритетності: виробу з деревини; продовження терміну служби цих виробів; повторне використання; перероблення, біоенергетика, захоронення. Якщо інше використання економічно недоцільне чи екологічно неприйнятне, рекуперация енергії допомагає зменшити виробництво енергії з викопних палив.

Важливим елементом Європейської Зеленої угоди є Нова лісова стратегія ЄС до 2030 р. Документ підкреслює роль сталого використання деревини у реалізації цілей ЄС у сфері зміни клімату і спрямований на забезпечення сталого використання ресурсів на основі деревини.

Задля декарбонізації глобальної енергетичної системи Міжнародна Енергетична Агенція (МЕА) розробила дорожню карту. У сценарії МЕА 2050 *NZE* (*Net Zero Emissions*) біоенергетика забезпечить 20 % світових потреб в енергії. Глобальний потенціал використання біоенергії з

урахуванням ЦСР – 150-170 ЕДж. Інвестиції у технології комплексного збору та сортування відходів лісозаготівель і перероблення деревини забезпечать 20 ЕДж біоенергії в 2050 р. [23].

Ризики сталого розвитку лісової біоенергетики

Ризики сталого розвитку біоенергетики не є новим викликом. Ще у 1713 р. у своїй праці “*Sylvicultura oeconomica*” директор німецької гірничої служби Ганс Карл фон Карловіц (*Hans Carl von Carlovitz*) відреагував на вирубування лісів у Європі для сільськогосподарських цілей та енергетичного використання деревини. На його переконання дерева повинні досягати стадії стиглості, а після їх вирубування слід висаджувати нові дерева, зберігаючи лісові ресурси і розвиваючи виробничі потужності. Він є автором терміна «*nachhaltige Entwicklung*», відомого нам як сталий розвиток (*sustainable development*), у контексті лісового господарства.

Видатний український мислитель XIX ст. Сергій Подолинський (1850 – 1891) у рамках напрацьованої ним енергетичної концепції наголошував на потребі підвищення ефективності використання основних на той час видів палива – вугілля та деревини; заради її одержання для енергетичних цілей ліси нещадно вирубували, погіршуючи стан навколишнього середовища. Варто зазначити, що, на думку вченого, головна мета людства в праці – абсолютне збільшення енергетичного бюджету. Він увів термін “розкрадання енергії” як явищ, протилежних до праці, всі дії людей, що призводять до зменшення цього бюджету і збільшення розсіювання енергії. Війна з усіма її атрибутами – регулярними військами, військовими флотами, арсеналами тощо – є не чим іншим, як розкраданням енергії, що є в розпорядженні людства [12].

Зміни клімату і воєнні дії [28, 33] є факторами ризику втрати лісових площ. Основні загрози – лісові пожежі і нерозірвані боєприпаси [39]. Збитки докільню через збройну агресію РФ за період 24.02.2022-12.12.2025 рр перевищили 6 трлн грн, зокрема від лісових пожеж на площі 143 тис. га, – 778 млрд грн [11].

Ризики, пов'язані з великомасштабною біоенергетикою, стосуються таких аспектів, як конкуренція за землю і ресурси, вплив на продовольчий сектор і тиск на екосистеми. Ризик шкідливого впливу біоенергетики на сталий розвиток зростає в міру збільшення масштабів виробництва / збору / видобутку / мобілізації ресурсів, зокрема лісових [34, 38].

Потенціал лісової біомаси як стратегічного поновлюваного енергетичного ресурсу

Ліси займають площу 9,6 млн га, що становить 92,3 % усіх ділянок, вкритих лісовою

рослинністю в Україні (10,4 млн га) або 15,9 % території країни. Близько 38 % лісів України є експлуатаційними. Послуги лісових екосистем охоплюють регулювання клімату, збереження води, захист середовищ існування. Як багатофункціональний об'єкт ліс широко популярний серед громадян різних вікових категорій і соціальних груп.

Лісова біомаса – стратегічний поновлюваний енергетичний ресурс, використання якого має відповідати концептуальним засадам сталого розвитку [37]. Залишки від лісозаготівель та відходи оброблення деревини – біоенергетична сировина, що не потребує земельних ресурсів.

Існує три основні типи джерел енергетичної деревної біомаси: деревне паливо; залишки лісозаготівлі; усі побічні продукти та відходи, що утворюються в процесі оброблення деревини. Незважаючи на втрату частини лісів через воєнні дії, Україна має потенціал для збільшення виробництва електроенергії з біомаси до 3850 ГВт·год до 2030 р. (загальна потужність близько 876 МВт) завдяки введенню в експлуатацію сучасних біоенергетичних установок [1].

В Україні деревна біомаса становить понад 90 % економічного потенціалу біомаси для виробництва енергії та біопалив [5]. Щороку в Україні утворюється близько 2 млн м³ гілок,

верхівок, інших решток від санітарних заходів, формувальних рубань і головного користування. Потенціал лісової біомаси для енергетичних цілей в Україні охоплює лісосічні відходи (32 %), дрова (31 %), відходи інших лісокористувачів (23 %). Не менше 20 % порубкових решток, за оцінками експертів, має залишитися в лісі [10].

Дві третини ресурсу, що припадає на лісову біомасу, споживається для індивідуального опалення, гарячого водопостачання та приготування їжі шляхом спалювання у печах і котлах. Третину (28 %) спалюють у котельнях централізованого тепlopостачання. Для виробництва електроенергії на ТЕЦ та ТЕС споживають до 5 % лісової біомаси. Біомаса, зокрема лісова, – єдине відновлюване джерело енергії, яке можна одночасно використовувати для виробництва електроенергії, тепла і біопалива для транспорту. 97 % енергії, виробленої з лісової біомаси, – тепла (переважно для опалення), 3 % – електроенергія [4]. Україна взяла курс на зменшення рівня енергетичного використання деревної біомаси для потреб опалення.

Частка паливної деревини в загальному обсязі заготовленого круглого лісу за період 2020-2024 рр коливалася в межах 46-58 % з найвищою часткою у 2022 р. (табл. 1).

Таблиця 1

Кількість заготовленої паливної деревини за період 2020-2024 рр, млн м³ (допрацьовано за [21])

Показник	2020		2021		2022		2023		2024	
	к-сть	%	к-сть	%	к-сть	%	к-сть	%	к-сть	%
Усі види круглого лісу	16,8	100	16,7	100	15,1	100	15,2	100	14,9	100
Діловий круглий ліс:	9,0	54	8,2	49	6,4	42	6,6	43	6,8	46
- хвойних порід	7,3	81	6,6	80	4,8	75	5,1	77	5,3	78
- листяних порід	1,7	19	1,6	20	1,6	25	1,5	23	1,5	22
Паливна деревина	7,8	46	8,5	51	8,7	58	8,6	57	8,1	54

За даними *Forest Brief* за I півріччя 2025 р. в Україні було заготовано близько 6,24 млн м³ лісопродукції, реалізовано – 6,37 млн м³. Перевищення продажу над заготівлею зумовлене розпродажем перехідних залишків 2024 р. та активізацією збуту на тлі сезонного попиту. У структурі продукції лісозаготівель частка паливної деревини на етапі заготівлі склала 51,3 %, у т.ч. промислової – 30,6 %, непромислової – 20,7 %; на етапі продажу – 53,7 %, у т.ч. промислової – 32,6 %, непромислової – 21,1 %. Це свідчить про роль деревини у заміщенні енергоресурсів і забезпеченні потреб комунального та приватного секторів.

Серед головних ризиків на II півріччя 2025 р., згідно з даними *Forest Brief*, – попит на паливну деревину, залежно від цін на енергоносії та особливостей опалювального сезону; логістика та безпекові чинники, що впливають на регіональні

обсяги збуту і рівень складських запасів. Третій ризик стосується експорту до країн-членів ЄС: підготовка до запровадження Регламенту ЄС щодо запобігання знеціненню (*EUDR*) може змінити розподіл потоків деревини.

В Україні лісова деревна біомаса як основне джерело для виробництва енергії з біомаси займає частку 65–70 % від усього обсягу використаної біомаси (3,0–3,2 млн тонн нафтового еквівалента). Потенціал лісової біомаси в Україні становить 12 % (3,08 млн тонн нафтового еквівалента) від загального потенціалу всіх типів біомаси. Потенціал лісової біомаси, яку формують первинні відходи (залишки, рештки) від лісогосподарської діяльності або вторинна продукція, вироблена з первинних відходів, у 2021 р. становив 3,08 млн т н.е. Понад третину потенціалу припадає на дрова (38 %). Існує помітний дисбаланс як щодо

структури потенціалу, так і щодо структури використання первинних типів лісової біомаси: 60

% потенціалу складають два первинних види – дерева і відходи рубань (табл. 2) [1].

Таблиця 2

Доступний для енергетичного використання потенціал лісової біомаси та фактичний рівень її використання у 2021 р. та 2023 рр¹ [1]

Вид біомаси	Потенціал лісової біомаси, доступний для енергетичного використання, млн т н. е.				Рівень використання деревної біомаси, млн т н. е.			
	2021 р.	% від потенціалу всіх видів біомаси	2023 р.*	% від потенціалу всіх видів біомаси	2021 р.	% від потенціалу	2023 р.*	% від потенціалу
Лісова біомаса, всього	3,08	12	2,44	13	3,211	104	3,321	136
Відходи від рубань (гілки, порубкові рештки, пні, мертва деревина, сухостій)	0,70	23	0,57	24	0,585	84	0,58	101
Дрова	1,18	38	0,97	40	1,925	163	1,96	201
Тріски, тирса	0,105	3	0,09	4	0,05	48	0,075	80
Відходи вторинного перероблення споріднених галузей і виробництва продукції з деревини	0,20	7	0,15	6	0,169	85	0,145	96
Відходи від обрізування садів і викорчування	0,11	4	0,08	3	0,05	45	0,061	76
Відходи від впорядкування захисних лісосмуг	0,50	16	0,33	13	0,322	64	0,38	117
Відходи від впорядкування самосійних лісів	0,28	9	0,24	10	0,11	39	0,12	50

* Оцінка на основі попередніх статистичних даних з урахуванням зменшення потенціалу через воєнні дії, зміни структури споживання і розрахунків автора джерела.

¹Примітка. Точніших даних від Держстату України чи іншого офіційного джерела з розподілом за типами біомаси за 2023 і наступні роки у відкритому доступі не знайдено.

На теплотворну здатність паливної деревини суттєво впливає порода дерева. Найвищою теплотворною здатністю серед поширених в

Україні деревних порід володіють бук, дуб, сосна, ялина. Дані про заготівлю деревини у розрізі окремих деревних порід наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Заготівля деревини за деревними породами за період 2020-2024 рр, тис. м³ [21]

Назва показника	2020	2021	2022	2023	2024	
Усього	17826,2	17649,4	15934,3	15693,9	14885,9	Total
Хвойні	11575,9	10825,4	8876,1	9139,3	8813,9	Coniferous
сосна	9782,1	9136,8	7368,6	7720,1	7369,7	pine
ялина	1753,1	1638,6	1449,1	1375,2	1402,5	spruce
інші хвойні	40,7	50,0	58,4	44,0	41,7	other coniferous
Твердолистяні	4547,0	4813,6	5095,2	4647,4	4332,1	Hardwoods
дуб	1852,9	1833,5	1904,2	1919,3	1845,9	oak
бук	833,8	888,6	935,2	781,4	755,5	beech
інші твердолистяні	1860,3	2091,5	2255,8	1946,7	1730,7	other hardwoods

Продовження таблиці 3

М'яколистяні	1672,5	1971,8	1918,2	1859,6	1739,9	Softwoods
береза	604,9	692,0	693,8	716,6	631,1	<i>birch</i>
осика	233,5	348,3	363,0	324,0	255,7	<i>aspen</i>
вільха	602,5	656,2	603,6	602,2	635,7	<i>alder</i>
інші м'яколистяні	231,6	275,3	257,8	216,8	217,4	<i>other softwoods</i>
Інші деревні породи	30,8	38,6	44,8	47,6	0,0	<i>Other wood species</i>

Як видно з таблиці, основна порода – сосна: в загальному обсязі заготовленої деревини її частка становила: 2020 р. – 54,9 %; 2021 р. – 51,8 %; 2022 р. – 46,2 %; 2023 р. – 58,2 %; 2024 р. – 49,5 %. Частка твердих щільних порід деревини (граб, дуб, бук) з високою теплотворною здатністю була незначною: 2020 р. – 25,6 %; 2021 р. – 2,7 %, 2022 р. – 32,0 %; 2023 р. – 29,6 %; 2024 р. – 29,1 %.

За даними WWF Україна, лісова біомаса заміщує близько 2,5 млрд м³ природного газу, скорочуючи викиди CO₂ на мільйон тонн щорічно. З твердої біомаси виробляють близько 98 % відновлюваної теплової енергії. Цю енергію використовують в основному в індивідуальних домогосподарствах (котли, печі), у комунальних, промислових котельнях і на ТЕЦ [13].

Відходи оброблення деревини, виробництва панелей, меблів, целюлози, паперу і картону в 2024 р. склали 692,4 тис. т [21]. Для порівняння: обсяг деревних відходів, накопичених під час експлуатації у спеціально відведених місцях і об'єктах у 2019 р. склав 632,6 тис. т. Частина згаданих відходів потенційно придатна для енергетичного використання.

Критерії сталості лісової біомаси згідно з RED III

Директива (ЄС) 2018/2001 про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел від 11 грудня 2018 р. (*RED II*) і зміни до неї (*RED III*) – Директива (ЄС) 2023/2413 від 18 жовтня 2023 р. про внесення змін до Директиви (ЄС) 2018/2001, Регламенту (ЄС) 2018/1999 та Директиви 98/70/ЄС щодо сприяння використанню енергії з відновних джерел і скасування Директиви Ради (ЄС) 2015/652 визначає критерії сталості лісової біомаси в ЄС.

Критерії сталості встановлені у статтях 29 (2) – (7) *RED III*. Розрізняють критерії сталості на рівні заготівлі та критерії сталості для підтримання або посилення рівнів запасів

вуглецю і поглиначів. На рівні заготівлі деревини критеріями сталості є законність операцій із заготівлі деревини; відновлення лісів на вирубаних ділянках; природоохоронні ділянки (водно-болотні угіддя, луки тощо) охороняють задля збереження біорізноманіття і запобігання руйнуванню оселищ; лісозаготівлі проводять за критеріями збереження якості ґрунту і біорізноманіття.

На рівні збереження запасів вуглецю та поглиначів критерії сталості *RED III* охоплюють, серед іншого, наявність законодавства у сфері заготівлі для збереження та збільшення запасів і поглиначів вуглецю та докази того, що заявлені викиди в секторі землекористування, змін у ньому та лісовому господарстві не перевищують рівнів поглинання.

Запровадження критеріїв сталості деревної біомаси сприятиме зменшенню самовільного використання лісової деревної біомаси: в енергетичному балансі частка лісової біомаси, яку споживають нелегально, за оцінками фахівців WWF Україна, може сягати 3–4 млн м³ на рік або 30 % від загального обсягу споживання деревної біомаси в Україні [13].

Термінологічний апарат стосовно лісової деревної біомаси

У науковій літературі в контексті лісової біоенергетики вживають терміни: «біомаса», «лісова біомаса», «деревна біомаса», «деревна (лісова) біомаса», «деревна біомаса лісового господарства» [13, 16, 37 та ін.]. У табл. 4 наведено визначення цих і дотичних до них термінів, які використовують у відповідних нормативних актах і науковій літературі. Запропоновано і наведено авторське визначення терміна «відходи лісової деревної біомаси лісопромислового комплексу». Терміни українською мовою продубльовано англійськими відповідниками.

Визначення термінів, пов'язаних з лісовою біомасою для енергетичних цілей

Термін	Визначення	Джерело
Біомаса <i>Biomass</i>	Невикопна біологічно відновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства і технологічно пов'язаних з ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу.	ЗУ “Про альтернативні види палива”, “Про внесення змін до деяких законів України щодо обов'язковості використання рідкого біопалива (біокомпонентів) у галузі транспорту” [18]. Це визначення в українському законодавстві відповідає визначенню, що міститься в Директивах ЄС (<i>RED</i> і <i>RED II</i>).
Деревна біомаса	Біомаса з дерев, куштів і чагарників. Визначення охоплює деревину лісову з насаджень (4.77), побічні продукти та відходи лісопереробної промисловості (4.184) та використану деревину.	ДСТУ EN 14588:2013 Біопаливо тверде. Терміни та визначення понять [чинний від 2014-10-01]. - Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. - III, 46 с. [9]
Лісова біомаса від лісових господарств	Продукти, відходи і залишки лісового господарства: дров'яна деревина, відходи, рештки: - порубкові рештки (сучки, гілки, верхівки дерев та інші відходи, що не вважаються діловою деревиною з крони); - відходи деревообробки (тирса, стружка).	Критерії сталості використання деревної біомаси : аналітичний звіт / упоряд. М. В. Богомаз. Київ : WWF-Україна, 2025
Лісова біомаса	Відходи та залишки лісгосподарської діяльності й споріднених галузей, які щорічно природно відновлюються і не споживаються для інших потреб. Її використання сприяє розвитку місцевого енергетичного ресурсу, заміщенню викопного палива, пом'якшенню наслідків зміни клімату та посиленню енергетичної безпеки країни.	Використання біомаси для виробництва енергії в Україні. WWF Україна. 31.10.2023 [4]. https://www.wwf.mg/?12112966/Balance-of-biomass-production-and-use
Лісова біомаса <i>Forest biomass</i>	Біомаса, отримана в процесі лісгосподарської діяльності	Директива (ЄС) 2018/2001 Європейського Парламенту і Ради про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел від 11 грудня 2018 р. (<i>RED II</i>)
Відходи	Будь-які речовини, матеріали і предмети, яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися.	Закон України «Про управління відходами» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2023, № 17, ст.75)
Біовідходи	Відходи, що мають властивість піддаватися анаеробному або аеробному розкладу: відходи харчових продуктів або відходи харчової промисловості на всіх етапах виробництва та споживання, відходи від зелених насаджень.	
Лісові залишки* (рештки) <i>Forestry residues</i>	Залишки, що утворюються безпосередньо в процесі лісгосподарської діяльності і не охоплюють залишки* від суміжних галузей промисловості або перероблення. <i>Залишок*</i> – субстанція, що не є кінцевим продуктом, яку отримують безпосередньо у процесі виробництва; вона не є основною метою виробничого процесу, і процес не був навмисно змінений для її отримання.	<i>PEFC ST 5004:2025</i> (3.1.20) https://www.pefc.at/wp-content/uploads/2025/06/RED-III_PEFC-ST-5004_2025.pdf
Лісосічні відходи <i>Wood logging residues</i>	Непридатні для продажу верхівки дерев, непридатні для продажу гілки, непридатні для продажу частини стовбура, поламани гілки, пеньки та коріння.	<i>Pottie, M.; Guimier, D. Harvesting and Transport of Logging Residuals and Residues; FERIC Special Report SR-33; Forest Engineering Research Institute of Canada: Pointe-Claire, QU, Canada, 1986; 100 p.</i>

Термін	Визначення	Джерело
Деревна біомаса	Маса деревних частин (деревина, кора, гілки, сучки, пні та коріння) дерев, живих і мертвих, куці та чагарники, виміряні з мінімальним діаметром від 0 мм (діаметр на висоті грудей). Сюди не входить листя (хвоя).	Драгнев С. Заготівля та постачання лісової біомаси для енергетичних потреб // UABIO. 2023. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/12/2.-Dragnyev-S.-V.-Zagotivlya-ta-postachannya-lisovoyi-biomasy-dlya-energetychnyh-potreb.pdf [8].
Первинні лісові відходи (залишки від заготівлі деревини)	Охоплюють кілька типів деревної біомаси – деревина з рубок догляду (часто все дерево), лісосічні відходи або порубкові залишки (гілки, верхівки дерев) і пні.	
Вторинні лісові відходи (переробки деревини)	Різні види біомаси, що виникають при промисловій переробці деревини: тирса і тріска, кора, залишки деревини, чорний луг	
Деревна біомаса <i>Wood biomass</i>	Органічний матеріал, який отримують з дерев і деревних рослин, зокрема лісові рештки, побічні продукти лісозаготівлі та деревні відходи, які можуть використовуватися як відновлюване джерело енергії.	<i>Wilson, J. (2024) Wood Biomass: Turning Forest Waste into Renewable Energy, https://forestry.com/timber-and-wood-products/wood-products/wood-biomass-turning-forest-waste-into-renewable-energy/</i>
Деревина паливна	Деревина паливна у вигляді колод, полін, хмизу, гілок, сучків або в аналогічних формах; деревна тріска або стружка; тирса, тріска, стружка, уламки та відходи деревини та скрап, агломератні або неагломератні, у вигляді колод, полін, брикетів, гранул або в аналогічних формах, що класифікуються за кодом 4401 групи 44 розділу IX згідно з Українською класифікацією товарів зовнішньоекономічної діяльності.	Про ринок деревини : проєкт Закону України. Порівняльна таблиця. URL: https://itd.rada.gov.ua/a82e8e17-f950-4f55-9e60-87de4c0ea461 (завантажено 27.10.2025 р.) [19].
Лісова (деревна) біомаса	Дрова, деревна тріска, тирса, відходи лісового господарства (відходи від рубок, порубкові залишки, пні, відмерла деревина / сухостій), відходи вторинної переробки споріднених галузей і виробництва продуктів з деревини (пилорами, виробництво ДВП/ ДСП, паркету, меблів, пелет, брикет), обрізки садів і викорчування, відходи від управління захисними лісосмугами, відходи від вирубування самосійних лісів (що здебільшого територіально розміщуються на пайових землях приватних власників і мають цільове призначення «землі сільськогосподарські»).	Аналіз ринку лісової та деревної біомаси в Україні / упоряд.: Богомаз М. В., Епік О. В. Київ: WWF-Україна, 2024. 54 с. [1].
Відходи лісової деревної біомаси лісопромислового комплексу <i>Woody residues from forest harvesting and wood processing</i>	Рештки деревної біомаси від: - лісового господарства і лісозаготівель (рубань, порубкові залишки, пні, відмерла деревина / сухостій; - відходи вторинного перероблення споріднених галузей і виробництва продукції з деревини, зокрема деревообробної та меблевої промисловості (пилорами, виробництво ДВП / ДСП, паркету, меблів), у т.ч. дрова, тріска, тирса, пресована деревина у формі брикетів і гранул (пелет), придатних до використання для енергетичних цілей.	Авторське визначення
Лісові деревні залишки (відходи)	Переважає деревна сировина, заготовлена в процесі проріджування (розчищення та частково перше комерційне проріджування) у вигляді цілих дерев, а також відходи і залишки від лісозаготівель (частини стовбурів, гілки, верхівки дерев тощо), пеньки і коріння після суцільних рубань, санітарних рубань, інших заходів догляду й утримання лісів).	<i>R D Vasylyshyn, I P Lakyda, A K Spirochkin, M O Lakyda, O M Vasylyshyn and A Yu Terentiev. Biomass potential of forest residues in forests of Ukrainian Carpathians as a component of regional green economy. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1254 (2023) 012096 doi:10.1088/1755-1315/1254/1/012096 [37].</i>

Термін	Визначення	Джерело
Первинні лісові відходи <i>Primary forestry residues</i>	Залишки (рештки) від заготівлі деревини: охоплюють кілька типів деревної біомаси – деревина від рубань догляду (часто все дерево), лісосічні відходи або порубкові залишки (гілки, вершини дерев) і пні.	<i>BEE Harmonization of biomass resource assessments Volume I: Best practices and methods handbook. Enschede, The Netherlands, BTG Biomass Technology Group. (2010).</i>
Вторинні лісові відходи <i>Secondary forestry residues</i>	Відходи перероблення деревини: різні види біомаси, утворені під час промислового перероблення деревини: тирса і тріска, кора, залишки деревини, чорний луг.	

В Україні відсутня комплексна система збору і повторного перероблення деревини від предметів домашнього вжитку (старі меблі, вікна, піддони), насамперед у малих містах і селах. Зазвичай їх відправляють на звалища, де вони гниють. З погляду економіки замкнених циклів такі відходи є цінним ресурсом, який слід переробляти за принципом каскадного використання деревини. Для цього варто проаналізувати досвід країн, які успішно вирішують цю проблему.

Приклади залучення потенціалу відходів деревини від предметів домашнього вжитку до використання за каскадним принципом: зарубіжний досвід

Невеликі міста і села

Серед потенційних ресурсів використання деревини за каскадним принципом є деревина як основа предметів домашнього вжитку. Цю проблему успішно вирішено в Німеччині: відходи деревини збирають, складають, а виробничі підприємства викуповують їх для перероблення на плити. В Австрії також налагоджено систему збору деревних відходів від домогосподарств. У місцях збору відходів встановлено спеціальні контейнери з написом «Деревина» (*Holz*) (рис. 1), куди мешканці складають старі дерев'яні меблі, що вийшли з ужитку, інші вироби, в основі яких – деревина (у т.ч. деревностружкові, деревноволокнисті плити тощо). Цю послугу органи місцевого самоврядування надають на безоплатній основі. Нерідко вироби надходять на майданчики у цілком функціональному стані, тож вони мають бути використані за каскадним принципом – за незначного покращення їх ще тривалий час можна використовувати повторно. Вироби, не придатні для повторного використання, набувають статусу енергетичних ресурсів.



Рисунок 1 – Контейнер для збору відходів деревини від домогосподарств сільської громади, Австрія

Великі міста: Відень

Віденська міська адміністрація організувала майданчики з утилізації великогабаритних відходів, електроприладів, вторсировини, небезпечних речовин тощо. Для деревних відходів на головному майданчику для збору відходів встановлено три види контейнерів (рис. 2).

У Відні щорічно здають 35–40 тис. т деревних відходів. Їх утилізують як сировину або енергію. Кореневища та стовбури спалюють на біомасовій електростанції для виробництва енергії. Обрізки дерев і кущів, гілки після подрібнення додають до сировини для компосту. Це забезпечує циркуляцію повітря завдяки порожнинам, що утворюються під час компостування на компостному заводі *Lobau*. Деревні відходи також передають переробним компаніям для виготовлення пресованих ДСП [30]. Непридатні до використання вироби спалюють.

Для виробів з деревини

Чиста, необроблена деревина; наприклад, чисті дерев'яні піддони:

- деревноволокнисті плити (ДВП);
- фарбована або лакована вживана деревина;
- пресовані деревностружкові плити (ДСП);
- деревина для спалювання та будівництва, дошки та стовпи діаметром до 20 см.



Рисунок 2 – Система збору відходів деревної біомаси за видами, м. Відень, Австрія [30]

В Україні виробники плит викуповують обрізки у виробників пиловника з подальшим самовивезенням. Натомість систему збору деревних відходів у містах, містечках і селах все ще не налагоджено, ця проблема очікує вирішення. Приклади інших країн доводять ефективність таких заходів як з фінансових міркувань, так і охорони довкілля.

Висновки

Україна має достатній потенціал лісової деревної біомаси, придатної для енергетичного використання. Нарощування потенціалу можливе завдяки повнішому залученню решток від лісозаготівель і деревних виробів, що вийшли з ужитку. Розвиток лісової біоенергетики як інструмент енергетичного забезпечення й енергетичної незалежності держави від викопних палив сприяє розвитку низьковуглецевої біоекономіки замкнених циклів завдяки скороченню викидів парникових газів (до 80 % порівняно з вугіллям).

Біоенергетика на базі лісової деревної біомаси – універсальне джерело відновлюваної енергії, яке може використовувати існуючу інфраструктуру передачі та розподілу енергії і обладнання кінцевих споживачів. Існують обмеження для розширення постачання біоенергії через обмежений потенціал виробництва біоенергії з лісової деревної біомаси. Компроміси між розширенням виробництва біоенергії, досягненням ЦСР ООН та уникненням конфліктів з іншими видами землекористування, зокрема виробництвом продовольства є можливими.

Лісова біоенергетика в Україні має базуватися на критеріях сталості лісової біомаси і біопалив ЄС як імперативна вимога. Програми підтримки енергії з лісової деревної біомаси здатні забезпечити використання лісової біомаси за найвищою еколого-економічною доданою вартістю за принципом каскадного використання

Для збору кореневищ:

- кореневища;
- стовбури дерев діаметром понад 20 см.

Для зелених відходів:

- обрізки дерев і кущів;
- гілки діаметром до 20 сантиметрів;
- листя;
- скошена трава, бур'яни;
- залишки врожаю фруктів і овочів.

згідно з *RED III*, стимулювання сталих шляхів розвитку і уникнення конкуренції з матеріальними секторами.

Подальші дослідження слід зосередити на визначенні оптимальних обсягів вилучення порубкових решток з лісів, вивченні взаємозв'язку біоенергетики зі змінами клімату, а також вдосконаленні технологій збору й утилізації лісової біомаси для енергетичних цілей. Вивчення впливу бойових дій на розвиток сталої лісової біоенергетики потребує окремого дослідження.

Список літератури:

1. Аналіз ринку лісової та деревної біомаси в Україні / упоряд. М. В. Богомаз, О. В. Епк. Київ, 2024. WWF-Україна. URL: <https://wwf.ua/?14148341/Analysis-of-the-forest-and-wood-biomass-market-in-Ukraine> (дата звернення: 04.03.2026).
2. Аналітична довідка “REPowerEU: можливості та виклики для України”, 2024. URL: https://ecoclubrivne.org/perot_eu_repower/ (дата звернення: 04.03.2026).
3. Богомаз М. Європейський курс та стале використання лісової біомаси: чи може Україна відповідати вимогам ЄС? 2025. WWF-Україна. URL: <https://rubryka.com/blog/stale-vykorystannya-lisovoyi-biomasy/> (дата звернення: 04.03.2026).
4. Використання біомаси для виробництва енергії в Україні. 2023. URL: <https://wwf.ua/?12112966/Balance-of-biomass-production-and-use> (дата звернення: 04.03.2026).
5. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи / за ред. Г. Гелегухи. – Київ : Академперіодика, 2022. – 373 с. – DOI: <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.464.373>.
6. Гайда С. В. Реалізація принципів циркулярної економіки в лісовому секторі.

- Сучасність і перспективи розвитку лісової галузі, ландшафтної архітектури і землевпорядкування* : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. (м. Харків, 24–25 квіт. 2025 р.). Харків, 2025. С. 110–112. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/f303f3ef-f78b-447d-9827-ea9e44cf8e89/content> (дата звернення: 04.03.2026).
7. Гелетука Г. Без переходу на 100 % ВДЕ на людство очікує глобальна кліматична криза. 2025. *UABIO*. URL: <https://uabio.org/news/18228/> (дата звернення: 04.03.2026).
8. Драгнев С. Заготівля та постачання лісової біомаси для енергетичних потреб : (презентація). 2023. *UABIO*. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/12/2.-Dragnyev-S.-V.-Zagotivlya-ta-postachannya-lisovoyi-biomasy-dlya-energetychnyh-potreb.pdf> (дата звернення: 04.03.2026).
9. ДСТУ EN 14588:2013. Біопаливо тверде. Терміни та визначення понять (EN 14588:2010, IDT). [Чинний від 2014-10-01]. *Мінекономрозвитку України*. Вид. офіц. Київ ;, 2015. 46 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60453 (дата звернення: 04.03.2026).
10. Железна Т. Оцінка загального енергетичного потенціалу біомаси в Україні : (презентація). 2023. *UABIO*. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/10/ZHelyezna_Seminar-USAID_03-10-2023.pdf (дата звернення: 04.03.2026).
11. Збитки доквіллю внаслідок збройної агресії РФ. Оновлена інфографіка станом на 19.09.2025. *Державна екологічна інспекція України*. URL: <https://www.dei.gov.ua/post/onovlena-infografika-standom-na-19092025> (дата звернення: 04.03.2026).
12. Іванов С. В. Енергетична концепція Сергія Подолинського у контексті розвитку низьковуглецевої економіки / С. В. Іванов, В. І. Перебийніс, В. І. Гавриш, Ю. В. Перебийніс // Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти : кол. моногр. / за заг. ред.: П. М. Макаренка, О. В. Калініченко, В. І. Аранчій. – Полтава, 2019. – Підрозд. 1.5. – С. 30–35. URL: <https://dspace.nlu.edu.ua/handle/123456789/17416> (дата звернення: 24.03.2026).
13. Критерії сталості використання деревної біомаси : аналітичний звіт / упоряд. М. В. Богомаз. 2025. *WWF-Україна*.
14. Кузик А. Д., Товарянський В. І. Вплив воєнних дій на лісові екосистеми України та їх післявоєнне відновлення. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2023. № 27. С. 16–22. DOI: <https://doi.org/10.32447/20784643.27.2023.02> (дата звернення: 04.03.2026).
15. Максимів М. І. Розвиток біоенергетичного потенціалу України на основі відходів лісової біомаси як інструменту зеленого переходу. *Зелена економіка та низьковуглецевий розвиток: дорожня карта для України* : матеріали V міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 19 груд. 2024 р. Львів–Торунь, 2024. С. 136–141. DOI : <https://doi.org/10.36059/978-966-397-448-4-36> (дата звернення: 04.03.2026).
16. Марич Х. Деревна лісова біомаса: проблеми та перспективи сталого використання. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. *Юридичні науки*. 2024. Т. 11, № 3 (43). С. 153–160. DOI: <https://doi.org/10.23939/law2024.43.153> (дата звернення: 04.03.2026).
17. Олійник Є. Біомаса як паливна сировина : (презентація). 2023. *UABIO*. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/11/2.-Olijnyk-YE.-N.-Osnovni-vydy-tverdoyi-biomasy-yak-palyvnoyi-syrovyny-ta-yih-vlastyivosti.pdf> (дата звернення: 04.03.2026).
18. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо обов'язковості використання рідкого біопалива (квотування) у галузі транспорту : Закон України від 04.06.2024 № 3769-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3769-20> (дата звернення: 04.03.2026).
19. Про ринок деревини : проєкт Закону України. Порівняльна таблиця. URL: <https://itd.rada.gov.ua/a82e8e17-f950-4f55-9e60-87de4c0ea461> (дата звернення: 04.03.2026).
20. Регламент (ЄС) 2023/1115 Європейського Парламенту та Ради про надання на ринку Союзу, а також експорт із Союзу певних товарів і продуктів, пов'язаних зі знелісненням та деградацією лісів (EUDR). URL: https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/-----_eudr.pdf (дата звернення: 04.03.2026).
21. Лісогосподарська діяльність. *Державна служба статистики України*. URL: <https://stat.gov.ua/uk/topics/silske-lisove-ta-rybne-hospodarstvo> (дата звернення: 04.03.2026).
22. Шевчук О. Біоенергетичний потенціал лісосічних відходів. (2025). *Асоціація деревообробних підприємств України*. URL: <https://aweu.org.ua/general/bioenergetychnyj-potenczial-lisosichnyh-vidhodiv/> (дата: 04.03.2026).
23. Bouckaert S. et al. Net zero by 2050: a roadmap for the global energy sector. *International Energy Agency*. 2021. URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050> (дата звернення: 04.03.2026).

24. Camia A. et al. The use of woody biomass for energy production in the EU. *Publications Office of the European Union*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.2760/831621> (дата звернення: 04.04.2026).
25. Clauser N. M. et al. Biomass Waste as Sustainable Raw Material for Energy and Fuels. Scopus. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, no. 2. Art. 794. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13020794> (дата звернення: 04.03.2026).
26. Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge : Cambridge University Press, 2023. 2391 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157896> (дата звернення: 04.04.2026).
27. Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources (RED III). *EUR-Lex*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj/eng> (дата звернення: 04.03.2026).
28. Gatti R. C. et al. An early warning system based on machine learning detects huge forest loss in Ukraine during the war. Scopus. *Global Ecology and Conservation*. 2025. Vol. 58. Art. e03427. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03427> (дата звернення: 04.03.2026).
29. Gayda S. V., Kiyko O. A. The investigation of properties of blockboards made of postconsumer wood. Scopus. *Drewno*. 2020. Vol. 63, no. 206. P. 77–102. DOI: <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10> (дата звернення: 04.03.2026).
30. Holzabfälle – Mülltrennung. *Website Stadt Wien*. URL: <https://www.wien.gv.at/umwelt/holzabfaelle-muelltrennung> (дата звернення: 04.03.2026).
31. Holzinger A. et al. From Industry 5.0 to Forestry 5.0: Bridging the gap with Human-Centered Artificial Intelligence. Scopus. *Current Forestry Reports*. 2024. Vol. 10, P. 442–455. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40725-024-00231-7> (дата звернення: 04.03.2026).
32. Konstantinavičienė J. Assessment of Potential of Forest Wood Biomass in Terms of Sustainable Development. Scopus. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, no. 18. Art. 13871. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151813871> (дата звернення: 04.03.2026).
33. Matsala M. et al. War threatens 18 % of protective plantations in eastern agroforestry region of Ukraine. Scopus. *Forest Ecology and Management*. 2025. Vol. 578. Article 122361. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122361> (дата звернення: 04.03.2026).
34. Nieuwenhoven R. W., Drack M., Gebeshuber I. C. Engineered Materials: Bioinspired «Good Enough» versus Maximized Performance. Scopus. *Advanced Functional Materials*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/adfm.202307127> (дата звернення: 04.03.2026).
35. Richardson K. et al. Earth beyond six of nine planetary boundaries. Scopus. *Science Advances*. 2023. Vol. 9, no. 37. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458> (дата звернення: 04.03.2026).
36. Soloviy I. et al. in the use of wood energy in the Ukrainian Carpathians: Opportunities and threats for rural communities. Scopus. *Forest Policy and Economics*. 2019. Vol. 104, no. C. P. 160–169. DOI: 10.1016/j.forpol.2019.05.001 (дата звернення: 04.03.2026).
37. Vasylyshyn R. et al. Biomass potential of forest residues in, forests of Ukrainian Carpathians as a component of regional green economy. Scopus. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1254. Art. 012096. DOI: 10.1088/1755-1315/1254/1/012096 (дата звернення: 04.03.2026).
38. Welfle A., Roder M. Mapping the sustainability of bioenergy to maximise benefits, mitigate risks and drive progress toward the Sustainable Development Goals. Scopus. *Renewable Energy*. 2022. Vol. 191. P. 493–509. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.150> (дата звернення: 04.03.2026).
39. Zibtsev S. et al. Forest management on territories contaminated with unexploded ordnance : technical report. Kyiv : WWF-Ukraine, 2023. URL: https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/forest_management_on_territories_contaminated_ukrainian_ver_interactive.pdf?7609966/UXO-forest-management (дата звернення: 04.03.2026).

References:

1. Bogomaz, M. V., & Epik, O. V. (Eds.). (2024). Analiz rynku lisovoi ta derevnoi biomasy v Ukraini [Analysis of the forest and wood biomass market in Ukraine]. WWF-Ukraine. <https://wwf.ua/?14148341> [in Ukrainian].
2. Ecoclub. (2024). *Analitichna dovidka “REPowerEU: mozhlyvosti ta vyklyky dlia Ukrainy”* [Analytical note “REPowerEU: Opportunities and challenges for Ukraine”]. https://ecoclubrivne.org/perot_eu_repower/ [in Ukrainian].
3. Bogomaz, M. (2025). Yevropeiskyi kurs ta stale vykorystannia lisovoi biomasy: chy mozhe Ukraina vidpovidaty vumoham YES? [European course and sustainable use of forest biomass: can Ukraine meet EU requirements?]. Rubryka. <https://rubryka.com/blog/stale-vykorystannya-lisovoyi-biomasy/> [in Ukrainian].
4. WWF in Ukraine. (2023). Vykorystannia biomasy dlia vyrobnytstva enerhii v Ukraini [Use of biomass for energy production in Ukraine].

<https://wwf.ua/?12112966/Balance-of-biomass-production-and-use> [in Ukrainian].

5. Geletukha, G. (Ed.). (2022). *Vyrobnytstvo enerhii z biomasy v Ukraini: tekhnologii, rozvytok, perspektyvy* [Energy production from biomass in Ukraine: technologies, development, and prospects]. <https://doi.org/10.15407/akademperiodyk.a.464.373> [in Ukrainian].

6. Gayda, S. V. (2025, April 24–25). *Realizatsiia pryntsyviv tsyrkuliarnoi ekonomiky v lisovomu sektori* [Implementation of circular economy principles in the forest sector]. Proceedings of the All-Ukrainian scientific and practical conference). Kharkiv, Ukraine, 110–112. <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/f303f3ef-f78b-447d-9827-ea9e44cf8e89/content> [in Ukrainian].

7. Geletukha, G. (2025). Bez perekhodu na 100% VDE na liudstvo ochikuie hlobalna klimatychna kryza [Without a transition to 100% RES, humanity faces a global climate crisis]. UABIO. <https://uabio.org/news/18228/> [in Ukrainian].

8. Dragnyev, S. (2023). *Zahotivlia ta postachannia lisovoi biomasy dlia enerhetychnykh potreb* [Harvesting and supply of forest biomass for energy needs] [Presentation]. UABIO. <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/12/2.-Dragnyev-S.-V.-Zagotivlya-ta-postachannya-lisovoyi-biomasy-dlya-energetychnykh-potreb.pdf> [in Ukrainian].

9. Ministry of Economic Development of Ukraine. (2015). *DSTU EN 14588:2013. Biopalyvo tvrde. Terminy ta vyznachennia poniat (EN 14588:2010, IDT)* [Solid biofuels — Terminology, definitions and descriptions]. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60453

10. Zheliezna, T. (2023, October 3). Assessment of biomass energy potential in Ukraine [Presentation]. UABIO. https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/10/ZHelyezna_Seminar-USAID_03-10-2023.pdf [in Ukrainian].

11. State Environmental Inspectorate of Ukraine. (2025, September 19). *Zbytky dovkilliu vnaslidok zbroinoi ahresii RF. Onovlena infografika* [Environmental damage caused by the armed aggression of the Russian Federation. Updated infographic]. <https://www.dei.gov.ua/post/onovlena-infografika-standom-na-19092025> [in Ukrainian].

12. Ivanov, S. V., Perebyinis, V. I., Havrysh, V. I., & Perebyinis, Yu. V. (2019). Energetychna kontseptsiiia Serhiia Podolynskoho u konteksti rozvytku nyzkouvuhletsevoi ekonomiky [Serhiy Podolynsky's energy concept in the context of low-carbon economy development]. In P. M. Makarenko, O. V. Kalinichenko, & V. I. Aranchiy (Eds.), *Enerhoefektyvnist ta enerhozberezhennia: ekonomichnyi, tekhniko-tekhnolohichni ta ekolohichni aspekty* [Energy efficiency and energy saving: Economic, technical-technological and ecological aspects] (pp. 30–35). Astraia.

<https://dspace.nlu.edu.ua/handle/123456789/17416> [in Ukrainian].

13. Bogomaz, M. V. (Comp.). (2025). *Kryterii stalosti vykorystannia derevnoi biomasy: analitychnyi zvit* [Sustainability criteria for the use of woody biomass: Analytical report]. WWF-Ukraine.

14. Kuzyk, A. D., & Tovarianskyi, V. I. (2023). *Vplyv voiennykh dii na lisovi ekosystemy Ukrainy ta yikh pislivoienne vidnovlennia* [The impact of military actions on the forest ecosystems of Ukraine and their post-war restoration]. *Visnyk of Lviv State University of Life Safety*, 27, 16–22. <https://doi.org/10.32447/20784643.27.2023.02> [in Ukrainian].

15. Maksymiv, M. I. (2024, December 19). *Rozvytok bioenerhetychnoho potentsialu Ukrainy na osnovi vidkhodiv lisovoi biomasy yak instrumentu zelenoho perekhodu* [Development of Ukraine's bioenergy potential based on forest biomass waste as a tool for the green transition]. *Green economy and low-carbon development*, 136–141. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-448-4-36> [in Ukrainian].

16. Marych, Kh. (2024). *Derevna lisova biomasa: problemy ta perspektyvy staloho vykorystannia* [Woody forest biomass: problems and prospects for sustainable use]. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Legal Sciences*, 11(3), 153–160. <https://doi.org/10.23939/law2024.43.153> [in Ukrainian].

17. Oliynyk, Y. (2023). *Biomasa yak palyvna syrovyna* [Biomass as fuel raw material] [Presentation]. UABIO. <https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/11/2.-Olijnyk-YE.-N.-Osnovni-vydy-tverdoyi-biomasy-yak-palyvnoyi-syrovyny-ta-yih-vlastyvoli.pdf> [in Ukrainian].

18. Law of Ukraine No. 3769-IX. (2024). *Pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo obov'iazkovosti vykorystannia rikdoho biopalyva (kvotuvannia) u haluzi transportu* [On amendments to some legislative acts of Ukraine regarding the mandatory use of liquid biofuels (quotas) in the transport sector]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3769-20> [in Ukrainian].

19. Draft Law of Ukraine. (n.d.). *Pro rynek derevyny* [On the timber market]. <https://itd.rada.gov.ua/a82e8e17-f950-4f55-9e60-87de4c0ea461> [in Ukrainian].

20. European Parliament and the Council. (2023). *Regulation (EU) 2023/1115 on the making available on the Union market and the export from the Union of certain commodities and products associated with deforestation and forest degradation*. <https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/-eudr.pdf>

21. State Statistics Service of Ukraine. (n.d.). *Lisohospodarska diialnist* [Forestry activity]. <https://stat.gov.ua>

22. Shevchuk, O. (2025). *Bioenerhetychnyi potentsial lisosichnykh vidkhodiv* [Bioenergy

- potential of logging waste]. Association of Woodworking Enterprises of Ukraine. <https://aweu.org.ua/general/bioenergetychnyj-potenczial-lisosichnyh-vidhodiv/> in Ukraine
23. International Energy Agency. (2021). *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
24. Camia, A., Giuntoli, J., Jonsson, R., Robert, N., Cazzaniga, N. E., Jasinevičius, G., Avitabile, V., Grassi, G., Barredo, J. I., & Mubareka, S. (2021). *The use of woody biomass for energy production in the EU*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/831621>
25. Clauser, N. M., González, G., Mendieta, C. M., Kruyeniski, J., Area, M. C., & Vallejos, M. E. (2021). Biomass Waste as Sustainable Raw Material for Energy and Fuels. *Sustainability*, 13(2), 794. <https://doi.org/10.3390/su13020794>
26. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
27. Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources (RED III). *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj/eng>
28. Cazzolla Gatti, R., Cortès Lobos, R. B., Torresani, M., & Rocchini, D. (2025). An early warning system based on machine learning detects huge forest loss in Ukraine during the war. *Global Ecology and Conservation*, 58, e03427. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03427>
29. Gayda, S. V., & Kiyko, O. A. (2020). The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. *Drewno*, 63(206), 77–102. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10>
30. Stadt Wien. (n.d.). *Holzabfälle – Mülltrennung* [Wood waste – waste separation]. <https://www.wien.gv.at/umwelt/holzabfaelle-muelltrennung>
31. Holzinger, A., Schweier, J., Gollob, C., Ritzer, P., & Nothdurft, A. (2024). From Industry 5.0 to Forestry 5.0: Bridging the gap with Human-Centered Artificial Intelligence. *Current Forestry Reports*, 10, 442–455. <https://doi.org/10.1007/s40725-024-00231-7>
32. Konstantinavičienė, J. (2023). Assessment of Potential of Forest Wood Biomass in Terms of Sustainable Development. *Sustainability*, 15(18), 13871. <https://doi.org/10.3390/su151813871>
33. Matsala, M., Odruzenko, A., Sydorenko, S., & Sydorenko, S. (2025). War threatens 18% of protective plantations in eastern agroforestry region of Ukraine. *Forest Ecology and Management*, 578, Article 122361. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122361>
34. Van Nieuwenhoven, R. W., Drack, M., & Gebeshuber, I. C. (2024). Engineered materials: Bioinspired “good enough” versus maximized performance. *Advanced Functional Materials*, 34(15), Article 2307127. <https://doi.org/10.1002/adfm.202307127>
35. Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., Diekert, F. E., Festré, D., Lade, S. J., Scheffer, M., Winkelmann, R., & Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37), Article eadh2458. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
36. Soloviy, I., Melnykovich, M., Björnsen Gurung, A., Hewitt, R. J., Ustych, R., Maksymiv, L., Brang, P., Meessen, H., & Kaflyk, M. (2019). Innovation in the use of wood energy in the Ukrainian Carpathians: Opportunities and threats for rural communities. *Forest Policy and Economics*, 104, 160–169. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.001>
37. Vasylyshyn, R., Lakyda, P., Spirochkin, A., Terentiev, A., Vasylyshyn, O., & Lakyda, I. (2023). Biomass potential of forest residues in forests of Ukrainian Carpathians as a component of regional green economy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1254(1), 012096. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012096>
38. Welfle, A., & Röder, M. (2022). Mapping the sustainability of bioenergy to maximise benefits, mitigate risks and drive progress toward the Sustainable Development Goals. *Renewable Energy*, 191, 493–509. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.150>
39. Zibtsev, S., et al. (2023). *Forest management on territories contaminated with unexploded ordnance: Technical report*. WWF-Ukraine.

© М. І. Максимів, 2026.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 19.12.2025.

Прийнята до друку 29.04.2026.

Опублікована 25.05.2026.