

Соціо-еколого-економічні аспекти енергетичного використання лісових ресурсів

Динька Павло Кузьмич¹, Соловій Ігор Павлович², Гоголь Тарас Миронович³

Опубліковано

Секція

УДК

29.01.2025

Економіка

33:620.91:630*8:504.03

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14761067>

Анотація. У статті із застосуванням інтегрального соціо-еколого-економічного підходу досліджено проблему використання лісової біомаси як відновлюваного джерела енергії в контексті впливу її заготівель на лісові біогеоценози та ефективність виконання ними багатосторонніх корисних функцій і спроможність надання повноцінних екосистемних послуг.

Проаналізовано обсяги, проблеми, перспективи та соціальні аспекти використання лісової деревної фітомаси. Досліджено взаємозв'язки і взаємовпливи соціальних та екологічних аспектів на формування тенденцій у розвитку енергетичного використання лісових ресурсів в контексті подолання глобальних екологічних загроз.

Запропоновано концептуальні напрями послаблення суперечностей між дедалі зростаючими обсягами залучення до господарського використання ресурсів лісової біомаси та необхідністю забезпечення сталості лісокористування.

Ключові слова: деревна біомаса; циркулярна економіка; сталість; екосистемні послуги.

Socio-ecological and economic aspects of using forest resources for energy

Annotation. In the article, guided by the principles of the European Green Deal 2019, EU Directive 2023/2413 of 18.10.23 on renewable energy sources and the Energy Strategy of Ukraine until 2050, the problem of using forest biomass as a renewable energy source in the context of the impact of its harvesting on forest biogeocenoses and the efficiency of their multilateral beneficial functions and the ability to provide ecosystem services is investigated using an integrated socio-ecological and economic approach.

The article analyses the volumes, problems, prospects and social aspects of energy use of forest woody phytomass in Ukraine. It is noted that its significant social benefit is the provision of energy for heating and cooking for residents of remote settlements and frontline areas, which make up approximately 10 % of the population of Ukraine. The article investigates the

¹кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7446-9951>

²доктор економічних наук, професор, професор кафедри економіки, туризму та рекреації, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>

³аспірант, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2412-1233>

interrelations and mutual impacts of social and environmental aspects on the trends formation in the development of energy use of forest resources in the context of combatting global environmental threats.

It is emphasised that due to the growing general environmental concern of the general publicity about global and local climate threats and the active work of certain environmental NGOs, the share of the population that is critical of the environmental friendliness and climate neutrality of the energy use of forest biomass is increasing. At the same time, pluralism in the perception of the environmental friendliness of the energy use of forest resources contributes to the search for ways to increase the socio-ecological and economic efficiency of this area of forest management.

Conceptual directions of mitigating contradictions between the growing volumes of forest biomass resources involvement in economic use and the need to ensure sustainable forest management are proposed. The optimal scenario is one in which the positive socio-economic effect of energy use of primary forest resources does not cause significant negative environmental impacts. The positive socio-ecological and economic effect of the use of secondary energy forest resources is achieved by applying the cascade method on the basis of the circular economy.

Keywords: woody biomass; circular economy; sustainability; ecosystem services.

Вступ

Європейська Зелена угода 2019 року визначила досягнення кліматичної нейтральності як основну мету для країн Євросоюзу до 2050 року[1]. Враховуючи успішне виконання завдань Зеленої угоди 2019 р., Директива ЄС щодо відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) 2023/2413 від 18.10.23 р. збільшила частку ВДЕ в загальному енергобалансі на 2030 рік із 32% до 42,5% та рекомендувала спрямовувати зусилля на підвищення частки відновлюваної енергії до 45 % [2].

В Директиві ЄС від 18.10.2023 р. також відзначається зростання серед країн-партнерів розуміння необхідності «узгодження політики у сфері біоенергетики з принципом каскадного використання біомаси» [2, п. 10]. Згідно із каскадним принципом Директива зобов'язує забезпечити пріоритетність напрямків використання біомаси із врахуванням її найвищої економічної та екологічної доданої вартості. В той же час, посилюючи критерії сталості використання біомаси, Директива[2] із врахуванням схем підтримки та національних особливостей дозволяє певні відхилення від каскадного принципу при виникненні обґрунтованих обставин, до прикладу, з метою енергетичної безпеки.

Енергетична стратегія України до 2050 р. серед індикаторів на 2030 р. визначає досягнення частки 27 % енергії, виробленої з ВДЕ, а на 2050 р. - 70 % енергії з ВДЕ та наближення до кліматичної нейтральності до 2060 р.[3].

Враховуючи, що з початком повномасштабної російсько-української війни, деревина як найпоширеніший в Україні вид біопалива для окремих регіонів є основним, а в багатьох випадках, і безальтернативним джерелом енергії, безпекова та соціальна пріоритетність в особливий період воєнного стану може не співпадати із екологічною та економічною доцільністю та з каскадним принципом і вимогами сталості використання ресурсів лісової біомаси та інших видів ВДЕ.

Соціальні, екологічні та економічні аспекти використання енергетичних лісових ресурсів досліджуються в роботах Г. Гелетухи та П. Лакиди[9] Л. Загвойської та О. Білецької[14], М. Богомаза та О. Епіка [10], В. Крамара В. [18], І. Соловія та ін. [11], К. Słupieńska та ін. [13] BD Titus та ін [15], Т. Железної, Г. Калетніка, Х. Марич, О. Мачуги, С. Лутковської, А. Пастух, А. Прокопа, О. Трибоя, а також інших авторів. Аналізування цих робіт дозволяє зробити висновок, що для дослідження ефективності використання лісових енергетичних ресурсів доцільно користуватися комплексним соціо-еколого-

економічним підходом із диференціюванням критеріїв оптимальності у регіональному та часовому аспектах.

Метою статті є аналізування стану, проблем та перспектив використання деревної біомаси в контексті її ролі як відновлюваного джерела енергії у досягненні кліматичної вуглецевої нейтральності.

Завданням статті є обґрунтування концептуальних напрямів підвищення соціо-еколого-економічної ефективності енергетичного використання лісових ресурсів для сталого альтернативного енергозабезпечення із дотриманням вимог щодо сталості лісокористування.

Результати

В загальному розумінні ресурсами вважаються запаси, які можна використати в разі потреби, або ж засоби чи можливості, якими можна скористатися в разі необхідності [4]. Визначення лісових ресурсів дається в Лісовому кодексі України. До них належать «деревні, технічні, лікарські та інші продукти лісу, що використовуються для задоволення потреб населення і виробництва та відтворюються у процесі формування лісових природних комплексів» [5, ст.6]. У Лісовому кодексі також визначаються напрями загального і спеціального використання лісових ресурсів, такі як заготівля деревини та другорядних лісових матеріалів, побічні лісові користування, а також використання корисних властивостей лісів [5, ст. 67].

Енергетичним використанням лісових ресурсів в широкому розумінні цього терміну можна вважати використання лісових біогеоценозів як потенційного джерела відновлюваних ресурсів для потреб енергозабезпечення, а також як компонентів біосфери, які безпосередньо чи опосередковано впливають на екологічні та економічні чинники використання інших енергетичних ресурсів, відновлюваних чи невідновлюваних [6, с. 445]. Мається на увазі не тільки енергетичне використання деревної біомаси, але також і поглинання лісами парникових газів від використання викопних та відновлюваних джерел енергії, водорегулювання, яке впливає на стабільність роботи гідроенергетики, кліматорегулювальні функції, які згладжують добові та річні коливання температури, що зменшує витрати на обігрівання та охолодження будівель, розташованих в лісових масивах та поблизу них.

Важливо, що використовуючи сонячну радіацію шляхом фотосинтезу, депонуючи окисли вуглецю та азоту, перетворюючи неорганічні сполуки в органічну енергетичну субстанцію, лісові екосистеми виконують не тільки енерготрансформувальну функцію, але і забезпечують виконання лісовими насадженнями не завжди суспільно та економічно оцінених багатьох інших корисних функцій та надання регулювальних та підтримувальних екосистемних послуг, які не є безпосередньо дотичними до енергетичної сфери.

У звуженому, утилітарному розумінні під використанням лісових енергетичних ресурсів ми розуміємо використання окремих компонентів лісових біоценозів як потенційних ресурсів для ВДЕ. Методологічно важливо виокремити серед них дві основні групи. До першої групи належать первинні лісові енергетичні ресурси, які утворюються в межах лісових екосистем як відходи (побічний продукт) під час проведення доглядових, санітарних, експлуатаційних та інших видів рубань.

Друга група (вторинні ресурси) - лісові енергетичні ресурси, які утворюються із деревини, вилученої із лісових біогеоценозів для промислового використання, та є побічним продуктом лісопиляльного, деревообробного виробництва. Це також побічні продукти целюлозно-паперового виробництва, вторинні лісові матеріали, отримані від утилізування меблів, столярних виробів, елементів будівель і споруд, новорічних дерев тощо.

Залучені до господарського використання лісові енергетичні ресурси є лісовою енергетичною сировиною. Напрями перероблення цієї сировини, які здійснювалися або здійснюються в промислових масштабах, можна об'єднати у три основні групи:

- механічне і/або термомеханічне перероблення первинної деревинної сировини (паливна тріска, паливні гранули (пелети), паливні брикети);
- хімічне перероблення (деревне вугілля, генераторний газ, синтетичне рідке паливо, метиловий (деревний) спирт (біометанол));
- біохімічне перероблення (біогаз, етиловий спирт (біоетанол)).

Перспективними видами палива з біомаси, окрім уже перелічених, також можуть бути біобутанол, біоводень, біометан, біометанол, диметиловий етер та інші види твердого, рідкого та газового палива.

Вичерпний перелік альтернативних видів твердого, рідкого та газового палива, яке може вироблятися із усіх нетрадиційних видів та джерел енергетичної сировини, подається в Законі України «Про альтернативні види палива» [7, ст. 1]. У цьому ж документі конкретизується термін «біомаса», як «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» [7, ст. 1].

Таке трактування узгоджується із терміном «біомаса», який використовується у директивних документах ЄС. Зокрема, Директива Європейського Парламенту і Ради (ЄС) 2018/2001 від 11 грудня 2018 в редакції 2022 р. «біомасу» визначає як біорозкладану фракцію продуктів, відходів і залишків сільського господарства біологічного походження, а також лісового господарства та суміжних галузей. [8, ст. 2]. «Лісова біомаса» в Директиві кваліфікується як біомаса, вироблена в секторі лісового господарства [8, ст. 2].

Визначення терміну «Деревна біомаса» як «маса деревних частин (деревини, кори, гілок, сучків, пнів і коріння) дерев, живих та мертвих, кущів і чагарників, виміряних з мінімальним діаметром від 0 мм (не входить листя хвойних і листяних порід)» дається в [9, с.7].

Аналізуючи сутність термінів «біомаса», «лісова біомаса», «деревна біомаса», можна зробити висновок, що для сировинних ресурсів, які виробляються в секторі лісового господарства, найбільш доцільно вживати термін «лісова деревна фітомаса». Це дозволить виокремити ресурси, які утворюються в межах лісових біогеоценозів, і акцентувати увагу на необхідності подальшого дослідження проблем попередження та компенсування екологічних втрат від їх вилучення з природного кругообігу.

Для диференціювання сегменту деревної біомаси, яка використовується для хімічного та біологічного перероблення, щодо інших напрямів, переважно, неглибокого перероблення деревної біомаси, вважаємо доречним використовувати термін «лігноцелюлозний матеріал» - матеріал, «який складається з лігніну, целюлози та геміцелюлози, як-от біомаса, отримана з лісів, деревних енергетичних культур, а також залишків та відходів лісової промисловості» [2, ст. 2].

Доступний до використання потенціал деревної біомаси в Україні в 2021 р. складав 3,080 млн тон нафтового еквіваленту (т н. е.), або в перерахунку на 40 % вологості - 10,5 млн т деревного палива [10, с. 25], що можна прирівняти приблизно до 13-14 млн. куб. м. дров'яної деревини і відходів.

В потенційний обсяг 10,5 млн т деревної біомаси упорядники [10] включили відходи від усіх видів рубань в лісах державного лісового фонду разом із дровами, пеньками та сухостійною деревиною, тирсою та стружкою, вторинні деревинні відходи

в споріднених галузях, відходи садівництва, а також відходи від управління лісозахисними смугами та самосійними лісами.

У загальному постачанні первинної енергії із деревної біомаси, який у 2021 р. склав 3174 кт н.е., в котлах і ТЕЦ централізованого теплопостачання було вироблено 10,3 % енергії, в котлах і ТЕЦ бюджетних установ та організацій – 12,1 %, у котлах і ТЕЦ промислових підприємств – 6,3 %. В плитах, печах і котлах побутового сектору було вироблено і спожито населенням 58,5 % від загального постачання первинної енергії, що є найменш ефективним способом використання деревної біомаси[10, с. 34-35]. За неконтрольованих процесів горіння у побутових пристроях здебільшого відбувається неповне згоряння деревини та утворюється значна частка піренів, діоксинів та інших шкідливих хімічних сполук.

Перероблена на паливні гранули (пелети) і брикети деревна біомаса займає всього 3,0 %, або 90-95 кт н. е., що в перерахунку на 12–15 % вологості складає приблизно 250–280 тис. натуральних тон. Приблизно 50–55 % вироблених пелет до повномасштабної російсько-української війни експортувалося за межі держави[10, с. 33-35].

Попри, здавалося б, такі значні обсяги, деревна біомаса займає всього 12 % від загального потенціалу енергетичної біомаси держави, левову частку (65,1 %) в якому складає агробіомаса, а ще по 10,0 % - енергетичні культури для безпосереднього спалювання (верба, павловнія, міскантус) та енергетичні культури (до прикладу, кукурудза) для виробництва біогазу[10, с. 25-26].

Із загального обсягу деревної біомаси, доступні до використання ресурси, власне, лісової біомаси, чи точніше, лісової деревної фітомаси, в 2021 р. склали 2,185 млн. т н.е., (70,9 %), а в 2023 р. вони скоротилися приблизно до 1,780 млн. т н.е. (Табл. 1).

Таблиця 1

**Потенційні та використовувані в Україні
обсяги лісової деревної фітомаси**

Вид фітомаси	Потенціал, доступний для енергетичного використання, млн. т н. е.				Використання деревної біомаси, млн т н. е.			
	2021 р.		2023 р.		2021 р.		2023 р.	
	Обсяг	Структура, %	Обсяг	Структура, %	Обсяг	Структура, %	Обсяг	Структура, %
1.Відходи від рубань	0,700	32,0	0,570	32,0	0,585	21,4	0,580	21,0
2.Дрова	1,180	54,0	0,970	54,5	1,925	70,6	1,960	71,1
3.Тирса і стружка первинної переробки	0,105	4,8	0,090	5,1	0,050	1,8	0,075	2,7
3.Відходи вторинної переробки у споріднених галузях	0,200	9,2	0,150	8,4	0,169	6,2	0,145	5,2
Загалом	2,185	100,0	1,780	100,0	2,729	100,0	2,760	100,0

Джерело: сформовано на основі [10].

Експерти WWF-Україна пояснюють зменшення на 19,5 % потенціалу лісової фітомаси у 2023 р. в порівнянні із 2021 р. зростанням обсягів рубань деревини для

комерційних потреб, знищенням значної частини лісових масивів (до 600 тис. га) внаслідок бойових дій у Харківській, Луганській, Чернігівській та Сумській та інших областях, а також обмеженнями в заготівлі через забруднення частини лісових угідь військовою технікою, мінами тощо в Житомирській, Київській, Миколаївській, Херсонській, Чернігівській, Сумській і Полтавській областях [10, с. 32].

Із обсягу 2023 р., за попередніми оцінками упорядників [10, с. 32], було використано для споживання 2,760 млн. т н. е. лісової деревної фітомаси. Зокрема, обсяг фактично використаних дров у порівнянні з їх доступними ресурсами у 2023 р. склав 201,0 %, а відходів від усіх видів рубань в лісах державного лісового фонду – 101,0 %.

Враховуючи, що 55–60 % від загального споживання всієї деревної біомаси в Україні сьогодні використовується для потреб опалення та приготування їжі, зокрема, і для військових потреб [10, с. 38], вона є важливим буферним джерелом енергії в критичних регіонах, що обумовлюється безпековими та соціальними пріоритетами і є альтернативою традиційним видам енергії, які не можуть використовуватися з тих, чи інших причин, або потребують значно більших поточних та інвестиційних витрат.

До прикладу, в Карпатах, де інвестиційна складова забезпечення гірських поселень природним газом часто є вирішальним чинником, деревина була і залишається основним джерелом біопалива, а її річна потреба складає 6-12 куб. м дров на одне домогосподарство залежно від його розмірів [11].

Беручи до уваги, що нелегальна заготівля деревної біомаси (самозаготівля) складає від 3,0 до 4,5 млн куб. м на рік, або приблизно 30 % від обсягу всієї деревної біомаси, яка щорічно споживається в Україні [10, с. 38], проблема сталості її використання та взаємодія з громадськістю в питаннях легального соціально та економічно обґрунтованого забезпечення споживачів паливною деревиною набуває виключно важливого значення.

Для врегулювання механізму заготівлі, обігу і використання деревини Верховна Рада України розробила і прийняла 10 жовтня 2024 р. Законопроект № 9665 [12]. Цей Законопроект посилює адміністративну і кримінальну відповідальність юридичних і фізичних осіб за порушення правил вирубування, пошкодження або знищення дерев та чагарників, а також за перевезення та зберігання дров'яної деревини, або її продаж без документів про законність її походження.

Законопроект № 9665 передбачає внесення відповідних змін до Кримінального кодексу України та Кодексу України про адміністративні правопорушення, зокрема, забезпечує дотримання принципу диференціювання покарань за здійснення правопорушень різної тяжкості у сфері лісокористування, а також незаконного обігу деревини. Законопроект отримав широкий неоднозначний суспільний резонанс і на час підготовки статті ще не був підписаний Президентом України.

До інших соціальних аспектів енергетичного використання лісових енергетичних ресурсів, насамперед, належить, здебільшого, позитивне сприйняття українською громадськістю лісової деревної фітомаси як екологічно чистого джерела енергії. Зокрема, частина населення вважає, що лісові енергетичні матеріали допоможуть скоротити площі посівів таких енергетичних культур як ріпак і соя, збільшивши тим самим можливість для вирощування продовольчих та кормових культур. Серед частини громадян, дотичних до деревообробчих галузей, побутує думка, що збільшення залучення дров'яної технологічної сировини для енергетичних потреб зменшує ресурсну базу для целюлозно-паперових та деревинноплитних виробництв і скорочує чисельність зайнятих у них працівників.

Зрозуміло, що це сприйняття суттєво диференціюється в ставленні до енергетичного використання лісової деревної фітомаси серед працівників лісового сектору та їх родин, представників експертного середовища, жителів лісових та нелісових регіонів, міського та сільського населення, а також в залежності від

економічної, а в умовах війни і фізичної, порівняльної досяжності лісової фітомаси і традиційних джерел енергії. На сьогодні такі дослідження в Україні ще не виконувалися.

Що стосується ставлення громадянського суспільства країн ЄС до перспектив використання лісової біомаси, то воно є далеко не однозначним. Зокрема, проведене в сусідній Польщі, близькій до нас за характеристиками лісової галузі, чисельністю та структурою населення, оцінювання контенту соціальних мереж виявило, що сприйняття громадськістю енергетичного використання деревної фітомаси, значно частіше формується негативно, ніж позитивно. На думку авторів дослідження, ця тенденція пов'язана не тільки із критичним ставленнями окремих громадян та неурядових громадських природоохоронних організацій до вилучення із кругообігу лісових біогеоценозів деревної фітомаси, але і з більшою онлайн-активністю користувачів мереж щодо поширення будь-яких критичних матеріалів[13].

В Україні також проводилося локальне опитування на прикладі м. Борислав, на підставі якого встановлено, що лише 18,1 % респондентів поінформовані щодо можливостей використання деревної біомаси для опалення житла і створення для цього енергетичних кооперативів, і приблизно половина із опитаних готові замінити для цього систему опалення в помешканнях, однак лише один із п'яти респондентів хоче вкладати власні кошти в ці проекти[14].

Соціальна неоднозначність сприйняття залучення до господарського обігу ресурсів лісової деревної біомаси обумовлюється дедалі зростаючими застереженнями та обмеженнями науковців і природоохоронних організацій щодо глобальних кліматичних переваг використання відновлювальних ресурсів лісової біомаси для потреб енергетики в порівнянні з іншими відновлюваними чи традиційними джерелами енергії, а також щодо впливу її заготівель на біорізноманіття та сталість лісових екосистем.

Суть проблеми полягає в тому, що ліси у досягненні нульових чистих вуглецевих викидів до 2050 року розглядаються і як природні поглиначі вуглецю, і як відновлювані джерела біомаси для сталості енергетичної безпеки. З іншої сторони, також має місце дискусія про альтернативну доцільність інвестування в енергетичну біомасу, вітрову чи сонячну енергетику[15].

Також залишається дискусійним питання щодо екологічної доцільності використання біомаси з лісових ділянок, пошкоджених чи вражених шкідниками, ділянок, які потерпіли від стихійних лих (а в Україні від військових дій), а також із ділянок, вирубуваних для запобігання пожежам тощо. Прихильники таких обмежень обґрунтовують свою позицію важливістю для сталості та біологічного різноманіття лісових біогеоценозів так званої, мертвої деревини. Її екологічного обґрунтовані обсяги можуть складати 30-40 і більше кубічних метрів на один гектар лісової площі [16].

Як один із заходів забезпечення сталості лісокористування в Директиві ЄС 2018/2001 від 11.12.2018 р. вводиться термін «заготівельна ділянка» як географічно визначена гомогенна лісова ділянка з достатніми умовами для оцінювання ризику щодо сталості та законності отримання лісової біомаси [8, ст. 2].

Для зменшення негативного впливу заготівель лісової деревної біомаси в країнах ЄС передбачена система обмежень в пралісах, у лісових масивах з високим біологічним різноманіттям, на природоохоронних територіях, для захисту зникаючих або рідкісних екосистем чи біологічних видів, а також в інших випадках, коли не підтверджено, що заготівля енергетичної сировини не завдає шкоди довкіллю[1;2;8].

Європейські вимоги щодо сталості використання лісової біомаси визначені в Стандарті ISO 13065:2015(en) «Sustainability criteria for bioenergy» (Критерії сталості для біоенергетики) [17]. Стандарт використовується для всіх видів біоенергетики і за допомогою відповідних критеріїв та індикаторів полегшує оцінювання соціальних,

екологічних і економічних параметрів сталості ланцюгів генерування та постачання усіх форм біоенергії.

В Україні такі спеціалізовані стандарти поки не застосовуються. Однак, забезпеченню досягнення соціальних, екологічних та економічних індикативних показників лісогосподарського виробництва багато у чому сприяє сертифікування філій ДП «Ліси України» за системою FSC, що в умовах радикального реформування лісової галузі пришвидшує гармонізування принципів організування лісогосподарського виробництва в Україні з вимогами міжнародних стандартів сталого лісоуправління.

Компромiсним рішенням для запобігання втраті родючості лісових ґрунтів внаслідок регулярних заготівель деревної фітомаси може стати внесення золи, яка утворюється внаслідок її енергетичного використання. У порівнянні із золою від спалювання вугілля, зола, отримана від спалювання біомаси, має менший вміст заліза, силікатів, натрію, силікатів, сірки, але більший вміст калію та барію. Зола як суміш часточок недогорілого палива і попелу є цінним комплексним мінеральним добривом, яке, однак, не містить азоту, але сьогодні широко застосовується в сільському господарстві [18].

У лісовому господарстві як добриво зола використовується в Данії, Швеції, Німеччині, частково – у Нідерландах. В Німеччині деревна зола використовується не тільки як добриво, але і як розкислювач для лісових ґрунтів. Дозволяється використовувати лише золу необробленої деревини, яка має відповідати законодавчим вимогам до мінеральних добрив [18, с.24-26].

В Україні використання золи в лісовому господарстві законодавчо не врегульовано і на сьогодні не застосовується. Хоча цей продукт лісової біоенергетики продукується в значних обсягах і локально, принаймні, для потреб лісового господарства, хоча б у лісових розсадниках, може конкурувати із мінеральними добривами. Враховуючи, що зольність деревної фітомаси усереднено складає 0,2-1,0 % [18, с.9-10], а її доступні для використання обсяги складають приблизно 10,5 млн. т. [10, с.25], потенційні обсяги утворення деревної золи від усіх джерел централізованого, промислового та побутового теплопостачання можуть сягати 50-100 тис. тон.

У 2018 р. обсяги золи з усіх видів біомаси, яка генерувалася на підприємствах, в установах та організаціях, оцінювалися у 84,4 тис. тон. Враховуючи перспективи розвитку біоенергетики, генерування золи із біомаси може зрости у 2035 р. до до 550 тис. тон [18, с.11-12].

Це вимагатиме вирішення завдань сортування і складування золи та формування ланцюгів безпечного та ефективного її повернення в природний кругообіг. Для побутових споживачів дров'яної деревини, які і надалі генеруватимуть значну частку золи, важливими заходами є їх інформування про засади безпечного поводження з деревною золою та підвищення ефективності використання золи у рільництві, городництві та садівництві.

Насамперед, це стосується золи із лісової деревної фітомаси. Історично склалося так, що ліси були витіснені землеробством на найбідніші землі, тому втрати родючості лісових ґрунтів повинні компенсуватися включенням до собівартості лісової енергетичної сировини відповідної статті витрат. Враховуючи високу біологічну цінність деревної фітомаси, використання її ресурсів у екологічно допустимих обсягах повинно забезпечувати суспільну доцільність та економічну ефективність.

Детальне аналізування економічної ефективності логістичних ланцюгів енергетичного використання лісової деревної фітомаси виконано в WWF-Україна [10]. Автори досліджували формування собівартості основних видів біопалива, починаючи зі збирання енергетичної сировини в місцях її утворення на лісових ділянках, її первинне перероблення, зберігання та сортування на проміжних складах, перевезення,

навантажувально-розвантажувальні операції, та виробничі процеси в кінцевого споживача.

Своїми розрахунками в цінах на 2023 р. автори підтверджують висновок про те, що дрова є локальним паливом та їх використання є економічно виправданим лише в межах 30-50 км від місця заготівлі, інколи – до 100 км. Паливна тріска може конкурувати за собівартістю одиниці енергії із природним газом для комерційного використання на відстані до 500 км. Перероблення дров у паливну тріску не завжди зменшує собівартість отримання одиниці енергії. Лише, на відстані 400-500 км їх собівартість зрівнюється і тріска отримує переваги в транспортуванні. Термомеханічне перероблення деревної фітомаси в пелети, брикети і деревне вугілля, починаючи із 300-400 км, дає їм перевагу над дровами[10, с. 43].

Однак, величина економічного ефекту, який є важливим мірилом доцільності енергетичного використання лісових ресурсів, повинна передбачати компенсування можливих негативних наслідків вилучення із лісових біогеоценозів їх біологічно активних компонентів, необхідні обсяги та форми яких повинні забезпечувати сталість використання лісової біомаси, а також процесу лісокористування, загалом.

Висновки

Інтегрований соціо-еколого-економічний підхід до аналізування енергетичного використання лісових ресурсів дає можливість систематизувати проблеми і обґрунтувати концептуальні напрями послаблення суперечностей між збільшенням інтенсивності використання лісової біомаси та необхідністю забезпечення сталості лісових біогеоценозів.

Інтенсивне лісове господарство, яке орієнтується на вилучення із природнього кругообігу екологічно необґрунтованих обсягів приростання деревної фітомаси, не забезпечує відтворення біологічного потенціалу лісових біогеоценозів, що в найближчій перспективі може спричинити зниження їх продуктивності, стійкості до шкідників та захворювань та погіршення виконання ними унікальних багатосторонніх корисних функцій, зокрема, і поглинання парникових газів.

З огляду на виняткове значення лісових біогеоценозів у протидії глобальним кліматичним загрозам енергетичне використання первинних ресурсів лісової деревної фітомаси є виправданим лише за умови незаперечної безпекової та соціальної доцільності та виконання певних екологічних обмежень.

Пріоритетність напрямків використання екологічно досяжних первинних і вторинних ресурсів лісової біомаси повинна визначатися із врахуванням соціальної доцільності та найвищої інтегральної економічної та екологічної доданої вартості.

Підвищення інтегральної соціо-еколого-економічної ефективності використання вторинних енергетичних лісових ресурсів повинно відбуватися згідно із принципами циркулярної економіки, включно із подовженням терміну служби виробів з деревини, рециклінгом та енергетичним утилізуванням.

Список використаних джерел

1. Communication from the commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions the European Green Deal. European Commission. COM/2019/640 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52019DC0640> (дата звернення:18.01.2025)
2. 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, and repealing Council Directive

- (EU) 2015/652. PE/36/2023/REV/2. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj/eng> (дата звернення:18.01.2025)
3. Про затвердження Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року та плану заходів з його виконання. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 13 серпня 2024 р. № 761-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-%D1%80#Text> (дата звернення:18.01.2025)
 4. Великий тлумачний словник сучасної української мови : 250000 / уклад. та голов. ред. В. Т. Бусел. – Київ; Ірпінь: Перун, 2005. – VIII, 1728 с.
 5. Лісовий кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 17, ст.99. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text> (дата звернення:18.01.2025)
 6. Екологізація лісокористування в контексті подолання глобальних екологічних загроз: моног. / [І.М. Синякевич, А.М. Дейнека, А.А. Головка та ін.]; під. ред. д-ра екон. наук, проф. І.М. Синякевича. – Львів.: Камула, 2014. – 592 с.
 7. Про альтернативні види палива. Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text> (дата звернення:18.01.2025)
 8. Директива Європейського парламенту і Ради (ЄС) 2018/2001 від 11 грудня 2018 року про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел (нова редакція) URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_039-18#Text (дата звернення:18.01.2025)
 9. Лакида П.І. Енергетичний потенціал біомаси в Україні / П.І. Лакида, Г.Г. Гелетуца, Р.Д. Васишин та ін., відповід. наук. ред. д-р с.-г. наук, проф. П.І. Лакида // Навчально-науковий ін-т лісового і садово-паркового господарства НУБіП України. – К.: Вид. центр НУБіП України, 2011. - 28 с.
 10. Аналіз ринку лісової та деревної біомаси в Україні / упоряд.: Богомаз М. В., Епик О. В. Київ: WWF-Україна, 2024. 54 с.
 11. Ihor Soloviy, Mariana Melnykovych, Astrid Björnsen Gurung, Richard J Hewitt, Radmila Ustych, Lyudmyla Maksymiv, Peter Brang, Heino Meessen, Mariia Kaflyk. Innovation in the use of wood energy in the Ukrainian Carpathians: Opportunities and threats for rural communities. *Forest Policy and Economics* 104 (2019) 160-169. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.001> (дата звернення:18.01.2025)
 12. Верховна Рада України прийняла Закон щодо вдосконалення відповідальності за правопорушення у сфері захисту рослинного світу, лісокористування та протидії незаконному обігу деревини. URL: <https://www.rada.gov.ua/news/razom/254495.html>. (дата звернення:18.01.2025)
 13. Słupińska K., Wieruszewski M., Szczyra P., Kożuch A. Public of perception the use of woody biomass for energy purposes in the evaluation of content and information management on the internet. – *Energies* 2022, 15(19),6888. URL: <https://doi.org/10.3390/en15196888>. (дата звернення:18.01.2025)
 14. Л. Загвойська Л., Білецька О. Моделювання процесу енергетичного переходу методом системної динаміки: енергетичні кооперативи як інструмент переходу до сталого використання деревної біомаси в житловому секторі. Наукові праці Лісівничої академії наук України, 2019 (19), 187-198. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/411941>(дата звернення:18.01.2025)
 15. Titus, B. D., Brown, K., Helmisaari, H. S., Vanguelova, E., Stupak, I., Evans, A., Clarke, N., Guidi, C., Bruckman, V. J., Varnagiryte-Kabasinskiene, I., Armolaitis, K., de Vries, W., Hirai, K., Kaarakka, L., Hogg, K., & Reece, P. (2021). Sustainable forest biomass: a review of current residue harvesting guidelines. *Energy, Sustainability and Society*, 11(1), Article 10. <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00281-w> (дата звернення:18.01.2025)
 16. Dudley, Equilibrium, Daniel Vallauri. Deadwood - living forests,- WWF France. - 2004.- 111p. URL: <https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/deadwoodwithnotes.pdf> (дата звернення:18.01.2025)

17. ISO 13065:2015(en) Sustainability criteria for bioenergy. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13065:ed-1:en> (дата звернення:18.01.2025)
18. Крамар В.Г. Обґрунтування напрямів утилізації золи від спалювання біомаси. Зола біомаси як добриво в сільському господарстві. Аналітична записка Uabio. № 27. 2020.- 75 с. URL: <https://uabio.org/materials/9466/> (дата звернення:18.01.2025)