

## ФУНКЦІЇ МЕРТВОЇ ДЕРЕВИНИ У КОНТЕКСТІ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ЛІСІВ

О.Ю. Чорнобров, І.В. Соломаха, В.А. Соломаха

*Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)*

*e-mail: [oleksandr.chornobrov@ukr.net](mailto:oleksandr.chornobrov@ukr.net); ORCID: 0000-0001-8251-1573*

*e-mail: [i\\_solo@ukr.net](mailto:i_solo@ukr.net); ORCID: 0000-0001-8853-2973*

*e-mail: [v.sol@ukr.net](mailto:v.sol@ukr.net); ORCID: 0000-0003-3975-5366*

*У статті проаналізовано функції та роль мертвої деревини у контексті екосистемних послуг лісів. Дослідження проведено шляхом аналітичного огляду літературних джерел. Запропоновано класифікацію функцій мертвої деревини, згідно з якою виділено такі основні групи: підтримувальні, середовищевірні, захисні, ресурсні та інформаційні. Підтримувальні — функції, що пов'язані з основними екосистемними процесами. До них належать участь у біологічному колообігу речовин та енергії, накопичення поживних речовин та води, депонування вуглецю, регулювання екосистемних процесів, участь у ґрунтовірних процесах. Середовищевірні функції відмерлої деревини полягають у забезпеченні середовищ існування (габітатів) для видів флори та фауни, формуванні субстрату й сприятливого середовища для розвитку, збереженні біорізноманіття лісових екосистем. Захисні — функції, спрямовані на охорону й збереження певних компонентів та процесів екосистеми. До них належать стокорегулювальна, ґрунтозахисна, протиерозійна та водоохоронна функції. Ресурсні функції відмерлої деревини — це забезпечення природними ресурсами, які використовуються для потреб людини, зокрема у промисловості, будівництві, інших галузях виробництва, а також як паливо та джерело енергії. Інформаційні функції мертвої деревини полягають у забезпеченні можливості для пізнавального розвитку, які реалізуються в отриманні людиною наукової та освітньої, культурної й мистецької, духовної, історичної інформації. Запропонована класифікація є умовною, оскільки поділ на групи функцій здійснено на базі основних функцій лісових екосистем загалом. Екологічні та природоохоронні функції мертвої деревини є взаємопов'язаними, впливаючи одна на одну, виконують іншу нову функцію. В умовах глобальних екологічних викликів сьогодення й усвідомлення значення мертвої деревини як важливого компонента лісових екосистем перспективними нині вважаємо дослідження середовищевірних та інформаційних функцій мертвої деревини. Водночас, враховуючи сучасний тренд переходу на відтворювальні джерела енергії, значення ресурсних функцій мертвої деревини та її ролі у депонуванні вуглецю буде не менш актуальним. Забезпечення балансу в отриманні екосистемних послуг мертвої деревини є важливим аспектом сталого розвитку.*

**Ключові слова:** *деревний детрит, лісова екосистема, екологічні процеси, класифікація, збалансований розвиток.*

### ВСТУП

Відмерла деревина є ключовим компонентом лісових екосистем, що забезпечує виконання низки важливих процесів і функцій [1–6]. Однак упродовж століть лісівники вилучали сухостійні та повалені дерева як необхідний захід «належного ведення лісового господарства» [7]. Усвідомлення важливої ролі мертвої деревини у лісових екосистемах відбулося порівняно нещодавно. Перші дослідження відмерлої деревини та її функцій у лісових екосисте-

мах були проведені у Північній Америці у першій половині ХХ ст. авторами Graham (1925), Savely (1939), Kimmey та Furniss (1943), які вперше виявили її важливе значення для існування дикої природи [4; 8]. Дещо пізніше автор Elton (1966) описав роль мертвої деревини як важливого елемента оселищ для низки видів живих організмів [4]. Починаючи з другої половини 1960 рр. лісівниками та науковцями було проведено низку досліджень щодо функцій грубого деревного детриту у лісових екосистемах. Автори [9] висвітлили значення

поваленої мертвої деревини як субстрату для розвитку грибів. Інші дослідники у низці робіт, зокрема у [10] показали, що певні види грибів, які пов'язані з мертвою деревиною, є важливим джерелом їжі для низки видів хребетних та безхребетних. Автори встановили, що деревний детрит, що розкладається, відіграє важливу роль у колообігу поживних речовин [11].

До нашого часу науковцями різних країн було здійснено значну кількість досліджень, що присвячені особливостям формування, деструкції й накопичення деревного детриту, комплексному вивченню його природоохоронних та екологічних функцій. У міру накопичення людством знань про мертвою деревини виявляються її нові функції, які вона виконує як складова природних екосистем.

**Метою роботи** є вивчення функцій мертвої деревини у контексті екосистемних послуг лісів.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідженнями наукової проблеми функцій мертвої деревини займалися низка вчених. Так, М. Хармон та ін. [1] у дослідженні визначили такі основні групи функцій відмерлої деревини у природних екосистемах: формування оселищ для видів флори і фауни, участь у процесах колообігу поживних речовин та депонуванні вуглецю, вплив на геоморфологічні процеси. Інший автор [2] у своїй науковій праці зазначає, що екологічне значення деревного детриту полягає у таких основних функціях: 1) підтриманні продуктивності лісових насаджень; 2) забезпеченні природних оселищ та збереженні біорізноманіття; 3) ролі у геоморфологічних процесах; 4) депонуванні вуглецю. У роботі [4] автори виділяють такі основні групи функцій мертвої деревини у лісових екосистемах: біотопічні, як субстрат та джерело поживних речовин. Важливість мертвої деревини визначається тим, що вона сприяє підвищенню продуктивності лісів, є показником біорізноманіття та «природності» лісових екосистем, а також

впливає на гідролого-геоморфологічні процеси.

В Україні в наукових публікаціях [12–14] деревний детрит розглядається передусім як важливий компонент у загальній біомасі лісових насаджень у контексті депонування вуглецю та дослідження продуктивності лісів. Натомість питання біотопічних функцій мертвої деревини у лісових екосистемах недостатнього розкрито. Дослідженнями щодо формування мертвою деревиною субстрату та середовища існування для низки видів живих організмів займалися О. Прядко та ін. [15], А. Савицька [16], М. Чумак [17], а також частково М. Голяка та ін. [18]. Автором у роботі [19] показано багатогранну роль та охарактеризовано основні функції мертвої деревини у букових пралісах Карпат.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження функцій мертвої деревини здійснювалося методами аналізу і синтезу на основі інформації, отриманої з літературних джерел та Інтернет-ресурсів. Під час дослідження за основу використано загальноприйнятну класифікацію екосистемних послуг, запропоновану у звіті «Millennium Ecosystem Assessment», підготовленому під егідою ООН [20].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Нами було запропоновано такі основні групи функції мертвої деревини (*рис.*):

- *підтримувальні* — функції, що пов'язані з основними екосистемними процесами;
- *середовищевірні* — забезпечення середовища існування (габітатів) та субстрату для видів дикої флори та фауни;
- *захисні* — функції, спрямовані на охорону та збереження певних компонентів та процесів екосистеми;
- *ресурсні* — забезпечення деревини та інших природних ресурсів, які використовуються для потреб людини;
- *інформаційні* — забезпечення можливості для пізнавального розвитку.



Схема функцій мертвої деревини у контексті екосистемних послуг лісів

**Функції підтримання екосистем.** Мертва деревина відіграє важливу роль у біологічному колообігу речовин, енергії та депонуванні вуглецю, є джерелом поживних речовин. Накопичення та розкладання органічної речовини у ґрунті та на його поверхні тісно пов'язано з колообігом поживних речовин. Біологічний колообіг речовин – це складний багатоланковий процес надходження у рослину речовин та енергії з навколишнього простору (ґрунт, атмосфера), біохімічний синтез речовин у рослині з частковим їх закріпленням у ній на певний строк та повернення цих речовин у навколишнє середовище [1; 2; 4; 21].

Мертва деревина є головним джерелом поживних речовин у лісовій екосистемі, вивільнення яких відбувається повільно. Відмерла деревина, зазнаючи деструкції, потрапляє у лісову підстилку та бере важливу роль у ґрунтотвірних процесах. Деревний детрит є постійним джерелом надходження до лісових ґрунтів трансформованих органічних сполук, які визначають рівень його трофності. Розкладена мертва деревина

сприяє поліпшенню механічної структури лісових ґрунтів. Деревний детрит є також важливим джерелом вологи, особливо протягом посушливих періодів [1–3; 15].

**Середовищеві функції.** Аналіз низки наукових публікацій засвідчив, що значна кількість видів флори і фауни пов'язана з мертвою деревиною, яка забезпечує їм середовище існування [1–4; 22; 23]. Мертва деревина є субстратом та середовищем існування для низки видів живих організмів, зокрема лишайників, мохів, грибів, безхребетних, а також дрібних птахів та ссавців [1; 15; 16; 22]. За даними [24], наразі загалом вважається, що близько 25% видів лісового біорізноманіття є залежними від мертвої деревини, що розкладається. Подібні дані наводять також інші дослідники для умов Скандинавії [25; 26]. За даними низки авторів, зокрема [1; 3; 22; 27] для сапроксільних організмів мертві та відмираючі дерева і їх частини є ключовими елементами їхньої життєдіяльності.

Вченими також доведена важливість видового складу деревного детриту у фор-

муванні середовищ існування та субстратів низки залежних від нього видів [22]. За даними авторів [27] в умовах Скандинавії найбільша кількість серед досліджуваних рідкісних видів безхребетних, залежних від мертвої деревини, використовує у своїй життєдіяльності винятково деревний детрит видів роду дуб (*Quercus* L.). Науковцями також було встановлено, що різні види живих організмів є залежними від мертвої деревини різних деревних порід [27]; лише 10% видів у своїй життєдіяльності використовують деревний детрит як хвойних, так і широколистяних порід [26].

У дослідженні [17] автор встановив, що видове багатство та динамічна щільність сапротоксиобіонтних твердокрилих прямо корелюють з об'ємами мертвої деревини в букових пралісах Угольського масиву Карпатського біосферного заповідника. У науковій праці [18] показано важливість компонентів мортмаси берези повислої у формуванні мікросередовищ існування для 95 видів грибів із 62 родів в умовах Українського Полісся. Авторами М. Чернявським та ін. у роботі [28] показано, що мертва деревина відіграє роль комплексу мікросередовищ існування грибів у букових пралісах Карпат. За даними досліджень для окремих видів деревний детрит слугує джерелом їжі, може використовуватись як місце для гніздування та висиджування потомства, а також укриття [15; 29–32].

За рахунок використання мертвої деревини відбувається формування генетичного й видового різноманіття живих організмів, наявності сталих взаємозв'язків між ними, створення певних міжвидових угруповань на усталених типах природних оселищ [6]. Згідно з даними наукових досліджень, відмерлі повалені дерева є сприятливим середовищем для природного поновлення мохоподібних, папоротеподібних та трав'янистих рослин [1; 3; 6; 29; 32]. Деревний детрит є також первинним місцем оселення грибів, а також важливим середовищем для проростання насіння деревних порід [4; 33]. На мертвій деревині сіянці забезпечені більш сприятливими умовами

температури та вологості, завдяки чому мають перевагу над конкуруючими рослинами. Тому мертва деревина є важливим субстратом для природного поновлення деревних видів, особливо в прохолодному кліматі та суворих умовах бореальних та гірських лісів [4].

Придатність поваленої мертвої деревини для природного поновлення рослин залежить від її якісних характеристик, передусім, класу деструкції, що тісно пов'язаний з іншими чинниками (волога, вміст поживних речовин). Як правило, більш придатною для поновлення рослин є мертва деревина, що зазнала значного розкладу порівняно з нещодавно відмерлою [4]. Автором у роботі [16] показано важливість мертвої деревини як субстрату для розвитку мохоподібних у ялинових і ялиново-букових лісах Передкарпаття і Горган.

Враховуючи важливі середовищеві функції нині відмерла деревина є важливим показником біорізноманіття лісових екосистем [4; 22; 34].

**Захисні функції.** Кількісні та якісні показники грубого деревного детриту, зокрема породний склад, розміри, клас деструкції, мають значний вплив на геоморфологічні процеси та гідрологічний режим лісових екосистем [1; 4]. Повалена мертва деревина та лісова підстилка знижують фізичне випаровування води з ґрунту, помітно зменшують поверхневий стік — переводять його у внутрішньогрунтовий [21]. Важливою особливістю цього є те, що лісова підстилка може поглинути у 5–6 разів більше води, ніж її маса. Крім того, поверхневий стік у лісі послаблюється мікронерівностями рельєфу, що формуються завдяки поваленій відмерлій деревині. Переведення поверхневого стоку у внутрішньогрунтовий має велике водорегульовальне значення [6; 21]. Регуляція гідрологічного режиму місцевості позитивно впливає на накопичення води у водоймах і її підземних запасах, стабілізацію рівня води для запобігання повеней. Мертва деревина у складі лісової підстилки сприяє фільтрації поверхневого стоку, що має важливе водозахисне значення [6]. На схилах

повалена мертва деревина забезпечує стійкість ґрунтового покриву та самого схилу. Вона запобігає або істотно сповільнює ерозію ґрунту та загалом зменшує поверхневий стік. Мертва деревина також є бар'єром під час каменепаду та снігових лавин у гірській місцевості [1; 2].

**Ресурсні функції.** Відмерла деревина, передусім стовбури та грубі гілки дерев, а також кора і хмиз використовуються людиною як паливо та сировина у різних галузях промисловості [6]. Паливо, отримане з деревини, є потенційно відновлювальним та вуглецево-нейтральним джерелом енергії. За даними ФАО, у 2019 р. майже третина населення планети (2,6 млрд чол.) використовувала традиційні види палива, передусім деревину і деревне вугілля, для приготування їжі в домашніх умовах [35]. За даними Держлісагентства України, у 2022 р. у порядку проведення заходів із поліпшення санітарного стану лісів заготовлено 6,1 млн м<sup>3</sup> дров'яної деревини [36]. Значна частина такої деревини отримується з мертвої деревини, оскільки зазначеними заходами передбачене вилучення з насаджень відмерлих сухостійних та повалених дерев. В Україні дров'яна деревина використовується як паливо у побутових пристроях для спалювання деревини і систем центрального опалення (дров'яна деревина непромислового використання) та промислового використання у виробництві теплової та електроенергії, трісок, стружок, піролізу, гідролізу, деревних плит (дров'яна деревина для промислового використання).

Добрива, отримані з подрібнених решток деревини, використовують для потреб сільського господарства завдяки чому отримують покращені врожаї та озеленення [6]. Кору, пеньки та гілки відмерлих деревних рослин застосовують у декоративних цілях для дизайну, в озелененні населених місць. Частина відмерлих деревних рослин використовуються для виготовлення сувенірної продукції.

**Інформаційні функції.** Наукова та освітня інформація — наявність мертвої деревини як складової лісових екосистем

створює можливості для досліджень природних процесів, біоти, моніторингу змін навколишнього середовища [6; 20]. Відмерла деревина сприяє створенню умов для екологічної освіти й виховання, а саме за рахунок зорового, тактильного та інших сенсорних контактів з об'єктами природи.

Культурна та мистецька інформація — відмерла деревина — складова лісу може використовуватись як джерело натхнення, для створення мистецьких творів (картин, фотографій, фольклору тощо), що стають надбанням культури.

Духовна та історична інформація — відмерла деревина сприяє формуванню відчуття спорідненості людини з природними процесами, почутті наступності та історичності, духовності й душевної рівноваги [6].

Оскільки вважається, що естетична оцінка впливає на сприйняття природного середовища, важливим є розуміння, як саме мертва деревина впливає на естетичне враження відвідувачів лісу. Зазначене питання вивчали дослідники у роботі [37] у міських лісах у Гельсінкі, Фінляндія. Загалом ділянки лісу з наявністю нещодавно відмерлої поваленої деревини вважалися більш естетично привабливими, ніж ділянки з деревиною, яка відмерла давно або була відсутня. Крім того, респонденти також визнали, що повалена груба мертва деревина є природними елементом міських лісів загалом. Тому дослідники рекомендують залишати відмерлі повалені дерева в міських лісах у місцях, де вони не заважають рекреаційному використанню, наприклад слугують бар'єрами вздовж велосипедних і пішохідних доріжок.

Згідно з результатами іншого дослідження [38], проведеними науковцями в Українських Карпатах, більшість опитаних респондентів вважали, що повалена мертва деревина є важливим компонентом лісу, але загалом вони віддають перевагу лісам, в яких проводяться лісгосподарські заходи та відсутня відмерла деревина. На думку респондентів, найважливішим позитивним ефектом мертвої деревини є

її участь у процесах природної динаміки деревостанів, тоді як найважливішим негативним ефектом — підвищення ризику появи комах і хвороб [38].

У науковій праці [39], дослідники поставили за мету встановити, чи дійсно сухостій у лісах сприймається людьми негативно та чи впливають на сприйняття респондентів соціально-демографічні характеристики в умовах Італії. Було встановлено, що для більшості респондентів сухостійні дерева та повалена мертва деревина мають негативний естетичний вплив на ландшафт (52,2% і 42,9%), тоді як лише для 7,5% й 23,0% респондентів зазначені типи мертвої деревини мають позитивний вплив. Також було встановлено, що мертва деревина (сухостій і лежача) у лісах у середньому більше цінується чоловіками (аніж жінками), молоддю (аніж людьми похилого віку) [39].

Результати зазначених та інших подібних досліджень є важливими під час обґрунтування та формування стратегій лісової й екологічної політики, зокрема і щодо ведення лісового господарства на засадах збалансованого розвитку на регіональному та національному рівнях.

## ВИСНОВКИ

Отже, досліджено основні функції мертвої деревини у контексті екосистемних послуг лісів (підтримувальні, середовищеві, захисні, ресурсні та інформаційні). Запропонована класифікація є умовною, оскільки поділ на групи функцій здійснено на базі основних функцій лісових екосистем.

Екологічні і природоохоронні функції мертвої деревини є взаємопов'язаними, впливаючи одна на одну, виконують інші нові функції. В умовах глобальних екологічних викликів сьогодення та усвідомлення значення мертвої деревини як важливого компонента лісових екосистем перспективними нині вважаємо дослідження середовищеві та інформаційних функцій мертвої деревини. Водночас, враховуючи сучасний тренд переходу на відновлювальні джерела енергії, значення ресурсних функцій мертвої деревини та її ролі у депонуванні вуглецю буде не менш актуальним. Забезпечення балансу в отриманні екосистемних послуг мертвої деревини є важливим аспектом сталого розвитку.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Harmon M.E., Franklin J.F., Swanson, F.J. et al. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological Research*. 1986. No 15. P. 133–302. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(03\)34002-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(03)34002-4).
2. Stevens V. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. 1997. Work. 30. 26 p.
3. Radu S. The ecological role of deadwood in natural forests. *Nature Conservation: Concept and Practice* / D. Gafta, J. Akeroyd (Eds.). Springer, Berlin, 2007. P. 137–141.
4. Merganicova K., Merganic J., Svoboda M. et al. Deadwood in Forest Ecosystems. *Forest Ecosystems — More than Just Trees* / Blanco J., Lo Y. (Eds.). IntechOpen, 2012. P. 81–108. DOI: <https://doi.org/10.5772/31003>. URL: <https://www.intechopen.com/books/forest-ecosystems-more-than-just-trees/deadwood>.
5. Білоус А.М. Методика дослідження мортмаси лісів. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6. № 3–4. С. 134–145.
6. Соломаха І.В., Соломаха В.А., Тимочко І.Я., Чорнобров О.Ю. Еколого-економічні функції захисних лісових насаджень у наданні екосистемних послуг (методичні рекомендації) / за ред. О.І. Фурдичка. Київ, 2020. 31 с.
7. Lombardi F. and Bostjan M. Dead wood as a driver of forest functions. *Italian Journal of Agronomy*. 2016. Vol. 11 (s1). P. 24–26.
8. Thomas J.W. Dead Wood: From Forester's Bane to Environmental Boom. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-181. 2002.
9. Ausmus B.S., Dodson G.J. and Todd D.J. Microbial–invertebrate interactions: The mechanism of wood decomposition. *Ecological Society of America Bulletin*. 1975. Vol. 56 (2). 42 p.
10. Miller H.A. and Halls L.K. Fleshy fungi commonly eaten by southern wildlife. USDA Forest Service Res. Paper SO-49. New Orleans, LA: Southern Forest Experimental Station, 1969. 28 p.
11. Fogel R. and Cromack K. Effect of habitat and substrate quality on Douglas-fir litter decomposition on Western Oregon. *Canadian Journal Botany*. 1977. Vol. 55 (12). P. 1632–1640.
12. Лакида П.І., Білоус А.М., Васишин Р.Д., Марчук І.Я. Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів

- Українського Полісся: моногр. Корсунь-Шевченківський: ФОП В.М. Гавришенко, 2012. 454 с.
13. Пастернак В.П. Біопродуктивність лісів Північного Сходу України в контексті змін клімату: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.02, 06.03.03. Київ, 2011. 41 с.
  14. Пастернак В.П., Яроцький В.Ю. Оцінювання запасів і динаміка вуглецю у лісах Північного Сходу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.6. С. 57–62.
  15. Прядко О.І., Чорнобров О.Ю., Дацюк В.В. та ін. До біорізноманіття дубово-ясеневих лісів долини р. Віта та його ролі у розкладанні відмерлої деревини на території НПП «Голосіївський». *Функціонування природоохоронних територій в сучасних умовах*: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 30-річчя Національного природного парку «Синевир» (Синевир, 18–20 верес. 2019 р.). Синевир, 2019. С. 77–82.
  16. Савицька А.Г. Відмерла деревина як субстрат для розвитку мохоподібних лісових угруповань. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. № 25 (9). С. 172–177.
  17. Чумак М. Сапроксилобіонтні твердокрилі (*Coleoptera*, *Insecta*) і мертва деревина в буковому пралісі Угольського масиву Карпатського біосферного заповідника. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Сер.: Біологічні науки*. 2016. № 12. С. 93–108. DOI: <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2016-337-12-93-98>.
  18. Голяка М.А. та ін. Видовий склад мікобіоти компонентів мортмаси *Betula pendula* Roth українського Полісся. *Мікробіологічний журнал*. 2017. Т. 79. № 3. С. 84–97.
  19. Іжик Г.В. Роль і функції відмерлої деревини у букових пралісах. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.9. С. 352–357.
  20. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. 155 p.
  21. Свириденко В.Є., Бабіч О.Г., Киричок Л.С. Лісівництво: підруч. / за ред. В.Є. Свириденка. Київ: Арістей, 2005. 544 с.
  22. Humphrey J.W., Ylisirniö A.L., Lemperiere G. et al. Deadwood as an indicator of biodiversity in European forests: from theory to operational guidance. *EFI — Proceedings*. 2004. Vol. 51. P. 193–206.
  23. Чорнобров О.Ю. Особливості формування та екологічне значення деревного детриту у лісових екосистемах Лісостепу України: автореф. дис.... канд. с.-г. наук: спец.: 03.00.16 «Екологія». Київ, 2021. 30 с.
  24. Schuck A., Meyer P., Menke N. et al. Forest biodiversity indicator: dead wood — a proposed approach towards operationalising the MCPFE indicator. *EFI — Proceedings*. 2004. Vol. 51. P. 49–77.
  25. Siitonen J. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletin*. 2001. Vol. 49. P. 11–42.
  26. Stokland J.N., Tomter S.M. and Soderberg U. Development of Dead Wood Indicators for Biodiversity Monitoring: Experiences from Scandinavia. *EFI — Proceedings*. 2004. P. 207–228.
  27. Jonsell M., Weslien J. and Ehnstrom B. Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodiversity and Conservation*. 1998. Vol. 7. P. 749–764.
  28. Чернявський М., Іжик Г. Відмерла деревина у букових пралісах як комплекс мікросередовищ існування грибів. *Вісник Львівського університету. Сер.: Географічна*. 2014. Вип. 45. С. 144–149. DOI: <https://doi.org/10.30970/vgg.2014.45.1159>. URL: [http://old.geography.lnu.edu.ua/Publik/Period/visn/45/PDF/16.Chernavskui\\_Ishuk.pdf](http://old.geography.lnu.edu.ua/Publik/Period/visn/45/PDF/16.Chernavskui_Ishuk.pdf) (дата звернення: 02.02.2020).
  29. Franklin J.F., Shugart H.H. and Harmon M.E. Tree death as an ecological process. *BioScience*. 1987. Vol. 37. No 8. P. 550–556.
  30. Карпук А.І., Кравець П.В., Розвод С.В. та ін. Методичні рекомендації з удосконалення системи ведення лісового господарства на основі запровадження лісової сертифікації. Київ: ЦП «КОМПРИНТ», 2012. 30 с.
  31. Debeljak M. Coarse woody debris in virgin and managed forest. *Ecological Indicators*. 2006. Vol. 6. P. 733–742.
  32. Szewczyk J. and Szwagrzyk J. Tree regeneration on rotten wood and on soil in old growth stand. *Vegetatio*. 1991. Vol. 122. № 1. P. 37–46.
  33. Hofgaard A. Structure and regeneration patterns in a virgin *Picea abies* forest in northern Sweden. *Journal of Vegetation Science*. 1993. Vol. 4. P. 601–608.
  34. Rondeux J. and Sanchez C. Review of indicators and field methods for monitoring biodiversity within national forest inventories. Core variable: Deadwood. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2009. Vol. 164. No 1–4. P. 617–630.
  35. The State of World Forests 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9360en>.
  36. Захист лісів від шкідників і хвороб за 2022 рік. Державне агентство лісових ресурсів України. URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisove-gospodarstvo/ohorona-i-zahist-lisiv/zahist-lisiv-vid-shkidnikov-ta-hvorob>.
  37. Hauru K., Koskinena S., Kotzea D. and Lehvältab S. The effects of decaying logs on the aesthetic experience and acceptability of urban forests — Implications for forest management. *Landscape and Urban Planning*. 2014. Vol. 123. P. 114–123. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.014>.
  38. Pelyukh O., Paletto A. and Zahvoyska L. People's attitudes towards deadwood in forest: evidence from the Ukrainian Carpathians. *Journal of Forest Science*. 2019. Vol. 65 (5). P. 171–182. DOI: <https://doi.org/10.17221/144/2018-JFS>.
  39. Paletto A., Becagli C. and De Meo I. Aesthetic preferences for deadwood in forest landscape: A case study in Italy. *Journal of Environmental Management*. 2022. Vol. 311. 114829. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114829>.

## REFERENCES

- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J. et al. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological Research*, 15, 133–302. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(03\)34002-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(03)34002-4) [in English].
- Stevens, V. (1997). The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C., Work. 30: 26 [in English].
- Radu, S., Gafta D. & Akeroyd, J. (Eds.) (2007). The ecological role of deadwood in natural forests. *Nature Conservation: Concept and Practice*. (pp. 137–141). Berlin: Springer [in English].
- Merganicova, K., Merganic, J., Svoboda, M., Blanco, J. & Lo, Y. (Eds.). (2012). Deadwood in Forest Ecosystems. *Forest Ecosystems — More than Just Trees*. (pp. 81–108). IntechOpen. DOI: <https://doi.org/10.5772/31003>. URL: <https://www.intechopen.com/books/forest-ecosystems-more-than-just-trees/deadwood> [in English].
- Bilous, A.M. (2014). Metodyka doslidzhennia mortmasy lisiv [Methodology of the research mortmass of forest]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia — Biological Resources and Nature Management*, 6, 3–4, 134–145 [in Ukrainian].
- Solomakha, I.V., Solomakha, V.A., Tymochko, I.Ya., Chornobrov, O.Yu. & Furdychko, O.I. (Ed.). (2020). *Ekoloho-ekonomichni funktsii zakhysnykh lisovykh nasadzen u nadanni ekosystemnykh posluh (metodychni rekomendatsii) [Ecological and economic functions of protective forests in the provision of ecosystem services (methodological recommendations)]*. Kyiv [in Ukrainian].
- Lombardi, F. & Bostjan, M. (2016). Dead wood as a driver of forest functions. *Italian Journal of Agronomy*, 11 (s1), 24–26 [in English].
- Thomas, J.W. (2002). Dead Wood: From Forester's Bane to Environmental Boom. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-181. 9 p. [in English].
- Ausmus, B.S., Dodson, G.J. & Todd, D.J. (1975). Microbial-invertebrate interactions: The mechanism of wood decomposition. *Ecological Society of America Bulletin*, 56 (2), 42 [in English].
- Miller, H.A. & Halls, L.K. (1969). Fleshy fungi commonly eaten by southern wildlife. USDA Forest Service Res. Paper SO-49. New Orleans, LA: Southern Forest Experimental Station. 28 p. [in English].
- Fogel, R. & Cromack, K. (1977). Effect of habitat and substrate quality on Douglas-fir litter decomposition on Western Oregon. *Canadian Journal Botany*, 55 (12), 1632–1640 [in English].
- Lakyda, P.I., Bilous, A.M., Vasylyshyn, R.D. & Makarchuk, I.Ya. (2012). *Bioproduktyvnist ta enerhetichniy potentsial miakolystianykh derevostaniv Ukrain-skoho Polissia [Bioproductivity and energy potential of softwood stands of Ukrainian Polissya]*. Korsun-Shevchenkivskiy [in Ukrainian].
- Pasternak, V.P. (2011). Bioproduktyvnist lisiv pivnichnoho skhodu Ukrainy v konteksti zmin klimatu [Bioproductivity of forests of northeastern Ukraine in the context of climate change]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
- Pasternak, V.P. & Yarotskiy, V.Yu. (2013). Otsiniuvannia zapasiv i dynamika vuhletsiu u lisakh Pivnichnoho skhodu Ukrainy [Carbon stock and dynamic assessment in the forests of North-East of Ukraine]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 23.6, 57–62 [in Ukrainian].
- Priadko, O.I., Chornobrov, O.Yu., Datsiuk, V.V. et al. (2019). Do bioriznomannittia dubovo-yasenevykh lisiv dolyny r. Vita ta yoho roli u rozkladanni vidmerloi derevyny na terytorii NPP «Holosiiivskiy» [Concerning biodiversity of oak-ash forests in Vita River valley and its role in decomposition of dead wood in «Holosiiivskiy» NNP]. *Funktsionuvannya pryrodookhoronykh terytoriy v suchasnykh umovakh: materialy Mizhnarodna nauково-praktychna konferentsiya z nakhody 30-richchya Natsional'noho pryrodnoho parku «Synevyr» [Functioning of protected areas in modern conditions: materials of the international scientific and practical conference on the occasion of the 30<sup>th</sup> anniversary of the Synevyr National Nature Park]*. (pp. 77–82). Synevyr [in Ukrainian].
- Savytska, A.H. (2014). Vidmerla derevyna yak substrat dlia rozvytku mokhopodibnykh lisovykh uhrupovan [Dead Wood as a Substrate for Mosses in Forest Communities]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 25 (9), 172–177 [in Ukrainian].
- Chumak, M. (2016). Saprosylobiontni tverdokryli (*Coleoptera, Insecta*) i mertva derevyna v bukovomu pralisi Uhol'skoho masyvu Karpatskoho biosfernoho zapovidnyka [Saproxylid beetles (*Coleoptera, Insecta*) and Dead Wood in Beech Virgin Forests Uholka Massif Carpathian Biosphere Reserve]. *Naukovyy visnyk Skhidnoyevropeys'koho natsional'noho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Seriya: Biologichni nauky — Lesya Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences*, 12, 93–108. DOI: <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2016-337-12-93-98> [in Ukrainian].
- Holyaka, M.A., Voloshchuk, N.M., Bilous, A.M. et al. (2017). Vydovyi sklad mikrobioty komponentiv mortmasy *Betula pendula* Roth ukrainskoho Polissia [Species composition of mycobiota of *Betula pendula* Roth coarse woody debris of Ukrainian Polissya]. *Mikrobiologichniy zhurnal — Microbiological Journal*, 79 (3), 84–97. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj79.03.084> [in Ukrainian].
- Izhyk, H.V. (2013). Rol i funktsii vidmerloi derevyny v bukovykh pralissakh [The role and functions of dead wood in beech old growth forests]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 9, 352–357 [in Ukrainian].
- Island Press (2005). Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington. 155 p. [in English].
- Svyrydenko, V.Ye. (Ed.), Babich, O.H. & Kyrychok, L.S. (2005). *Lisivnytstvo [Silviculture]*. Kyiv: Aristei [in Ukrainian].



22. Humphrey, J.W., Sippola, A.L., Lemperiere, G. et al. (2004). Deadwood as an indicator of biodiversity in European forests: from theory to operational guidance. *EFI-Proceedings*, 51, 193–206 [in English].
23. Chornobrov, O.Yu. (2021). Osoblyvosti formuvannya ta ekolohichne znachennia derevnoho detrytu u liso-vykh ekosystemakh Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of formation and ecological role of woody detritus in forest ecosystem of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
24. Schuck, A., Meyer, P., Menke, N. et al. (2004). Forest biodiversity indicator: dead wood — a proposed approach towards operationalising the MCPFE indicator. *EFI-Proceedings*, 51, 49–77 [in English].
25. Siitonen, J. (2001). Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletin*, 49, 11–42 [in English].
26. Stokland, J.N., Tomter, S.M. & Soderberg, U. (2004). Development of Dead Wood Indicators for Biodiversity Monitoring: Experiences from Scandinavia. *EFI Proceedings*, 51, 207–226 [in English].
27. Jonsell, M., Wlesien, J. & Ehnstrom, B. (1998). Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodiversity and Conservation*, 7, 749–764. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008888319031> [in English].
28. Cherniavskiy, M. & Izhyk, H. (2014). Vidmerla derevyna u bukovykh pralisakh yak kompleks mikroseredovyshch isnuvannya hrybiv [Dead wood in beech virgin forests as complex of microenvironment existence of mushrooms]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya: Heohrafichna — Visnyk of the Lviv University. Series: Geography*, 45, 144–149. DOI: <https://doi.org/10.30970/vgg.2014.45.1159>. URL: [http://old.geography.lnu.edu.ua/Publik/Period/visn/45/PDF/16.Chernavskui\\_Ishuk.pdf](http://old.geography.lnu.edu.ua/Publik/Period/visn/45/PDF/16.Chernavskui_Ishuk.pdf) [in Ukrainian].
29. Franklin, J.F., Shugart, H.H. & Harmon, M.E. (1987). Tree death as an ecological process. *Bio Science*, 37(8), 550–556 [in English].
30. Karpuk, A.I., Kravets, P.V., Rozvod, S.V. et al. (2012). *Metodychni rekomendatsii z udoskonalennia systemy vedennia lisovoho hospodarstva na osnovi zaprovadzhennia lisovoi sertyfikatsii [Methodological recommendations for improving the forestry management system based on the introduction of forest certification]*. Kyiv: TsP «KOMPRYNТ» [in Ukrainian].
31. Debeljak, M. (2006). Coarse woody debris in virgin and managed forest. *Ecological Indicators*, 6, 733–742 [in English].
32. Szewczyk, J. & Szwagrzyk, J. (1991). Tree regeneration on rotten wood and on soil in oldgrowth stand. *Vegetatio*, 122 (1), 37–46 [in English].
33. Hofgaard, A. (1993). Structure and regeneration patterns in a virgin *Picea abies* forest in northern Sweden. *Journal of Vegetation Science*, 4, 601–608 [in English].
34. Rondeux, J. & Sanchez, C. (2009). Review of indicators and field methods for monitoring biodiversity within national forest inventories. Core variable: Deadwood. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164 (1–4), 617–630 [in English].
35. Zakhyst lisiv vid shkidnykiv i khvorob za 2022 rik. Derzhavne ahentstvo lisovykh resursiv Ukrainy [Forest protection against pests and deceases. State Forest Resources Agency of Ukraine]. (n.d.). URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisove-gospodarstvo/ohorona-i-zahist-lisiv/zahist-lisiv-vid-shkidnikiv-ta-hvorob> [in Ukrainian].
36. The State of World Forests 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022). URL: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9360en> [in English].
37. Hauru, K., Koskinena, S., Kotzea, D. & Lehvavirtab, S. (2014). The effects of decaying logs on the aesthetic experience and acceptability of urban forests — Implications for forest management. *Landscape and Urban Planning*, 123, 114–123. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.014> [in English].
38. Pelyukh, O., Paletto, A. & Zahvoyska, L. (2019). People's attitudes towards deadwood in forest: evidence from the Ukrainian Carpathians. *Journal of Forest Science*, 65 (5), 171–182. DOI: <https://doi.org/10.17221/144/2018-JFS> [in English].
39. Paletto, A., Becagli, C. & De Meo, I. (2022). Aesthetic preferences for deadwood in forest landscape: A case study in Italy. *Journal of Environmental Management*, 311, 114829. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114829> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 06.04.2023