



**Т. В. ПАРПАН¹, І. О. ВАСИЛИШИН¹, Т. Р. ЮНИК¹, Р. І. ФАЛЬКО¹, К.-К. РОЙБУ²,
М.-Г. КОТОС², А. МУРСА², М.-І. СТРІБУ², Ц.-В. ТОМЕСКУ², В. СІМІОНЮК²**
**ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ВІДМЕРЛОЇ ДЕРЕВИНИ В ГОСПОДАРСЬКИХ ТА
СТАРОВІКОВИХ ЛІСАХ НА ПОСТІЙНИХ ПРОБНИХ ДІЛЯНКАХ**

¹Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П. С. Пастернака,

²Сучавський Університет «Штефан чел Маре», факультет лісового господарства

Під час інвентаризації в господарських і старовікових лісах Українських Карпат сухоостою та деревної ламані визначено їхні запас і частки від загального запасу. Середній запас сухоостою в господарських лісах становить $7,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, у старовікових – $38,3 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а частка від загального запасу – 0,97 % та 3,82 % відповідно. Середній запас деревної ламані в господарських лісах становить $44,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, у старовікових – $73,9 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а частка від загального запасу – 5,7 і 7,4 % відповідно. Кількість відмерлих дерев у старовікових лісах є майже удвічі меншою, а запас – удвічі вищим, ніж у господарських. У межах дослідних ділянок визначено стадії розкладання відмерлої деревини за деревними видами та проведено порівняльний аналіз розподілу. Визначені показники наявності та запасу відмерлої деревини покладені в основу науково-практичних настанов «Роль мертвої деревини в лісах та інноваційні рішення для невиснажливого лісового господарства», які спрямовані на підвищення продуктивності лісових екосистем, їхньої стійкості до зміни клімату та збереження біорізноманіття. **Ключові слова:** сухостія, деревна ламань, порівняльний аналіз, стадії розкладання, господарський ліс.

Вступ. Для лісів Європи визначено та задекларовано низку екологічних критеріїв та індикаторів стану, тенденцій і політичних викликів щодо збереження біологічного різноманіття в лісових екосистемах. В рамках IV критерію «Підтримка, збереження та належне покращення біорізноманіття» виділено кількісні індикатори, одним із яких є «відмерла деревина», а саме – наявність та об'єм облікованої відмерлої деревини в лісах та інших лісових землях (Kohl et al. 2015).

Відмерла деревина (старі дерева, сухостіяні, опалі стовбури та гілки, біомаса, що розкладається) є найважливішим компонентом у структурі лісу та його функціонуванні, відіграє ключову роль у підтриманні продуктивності лісів, природного відновлення, збереженні біорізноманіття, підвищенні стійкості до зміни клімату та покращення надання екосистемних послуг місцевим громадам та громадськості загалом.

Управління відмерлою деревиною є порівняно новою для України концепцією, яку активно обговорюють і просувають від 2000 року, але яка ще не є задекларованою та залишається не зовсім зрозумілою щодо застосування на практиці. Десятиліттями під час ведення лісового господарства у багатьох європейських країнах та в Україні вважали відмерлу деревину «ворогом лісу», й зусилля докладали в систематичне вивезення її з лісів шляхом ведення лісових робіт, дотримуючись лісових норм і правил (зокрема санітарних правил, правил лісозаготівлі тощо) (Promote deadwood for resilient forests 2020).

Важливість відмерлої деревини для лісових екосистем є широко визнаною, оскільки її використовують як індикатор сталого управління лісами, а її наявність є одним із найважливіших показників їхньої природності (Pasternak & Yarotskyi 2009, Maciucă & Roibu 2012). Цінність відмерлої деревини для лісів полягає в тому, що вона є не тільки важливим субстратом для перебування й розвитку великої кількості лісових видів, зокрема хребетних, безхребетних, мохоподібних, судинних рослин, грибів, міксоміцетів і лишайників, але й сприяє структурній стабільності ґрунтів (передусім на схилах), що допомагає затримувати органічні речовини, вуглець і воду. Крім того, відмерла деревина, насамперед деревна ламань, створює особливі мікрокліматичні (теплові та тіньові) умови та є сприятливим місцем для появи й росту молодого покоління лісу (Lachat et al. 2014).

Кількість і запас відмерлої деревини в природних лісах залежать від складу деревостану та його структури, сукцесійних стадій, типу й частоти природних порушень, способів господарювання, а також ґрунтових і кліматичних характеристик. У не порушених господарською діяльністю лісах вони суттєво відрізняються від характеристик у лісах, де

здійснюють лісогосподарські заходи. Наприклад, здебільшого на пізніх сукцесійних етапах природних лісів виявлено значну кількість відмерлої деревини за обсягом, складом і стадіями розкладання (Stevens 1997). В Україні оцінювання наявності відмерлої деревини в лісових екосистемах проведено за даними моніторингу лісів I рівня. Виявлено, що в лісах України мортмаса представлена переважно сухостоєм (Yarotskyi et al. 2015).

Наслідком тривалого господарювання в європейських лісах є відсутність або незначна площа лісів на пізніх стадіях розвитку. Нестача відмерлої деревини в експлуатаційних лісах і невідповідне ведення господарства в межах природоохоронних територій є одними з основних причин втрати видового біорізноманіття (Izhyk 2013). Через брак сухостою та деревної ламані в таких лісах виникає загроза зникнення багатьох видів, які залежать від фактичної присутності цих субстратів (Stevens 1997). Наприклад, існування більшості видів ос і бджіл залежить від наявності старої та відмерлої деревини (Borodin 2017). Незначні залишки старовікових лісів є прямим доказом безпосереднього зв'язку біорізноманіття з відмерлою деревиною (Dudley et al. 2004). Тому сприяння збільшенню обсягу відмерлої деревини внаслідок природоохоронного господарювання вважають одним із потенційних варіантів підвищення біорізноманіття в європейських лісах.

Мета роботи – детальна інвентаризація сухостою та деревної ламані шляхом проведення порівняльних досліджень у господарських і старовікових лісах.

Матеріали й методи. Дослідження проведено впродовж 2020 р. в рамках міжнародного проєкту «Поводження з мертвою деревиною для стійких лісів у румунсько-українському прикордонному регіоні (RESFOR)»¹. Інвентаризацію сухостою й деревної ламані здійснено шляхом порівняльних досліджень у господарських і старовікових лісах. Рандомним способом закладено по 20 кругових пробних ділянок для кожного типу господарювання. Загальний схематичний вигляд пробної ділянки наведено на рисунку 1.

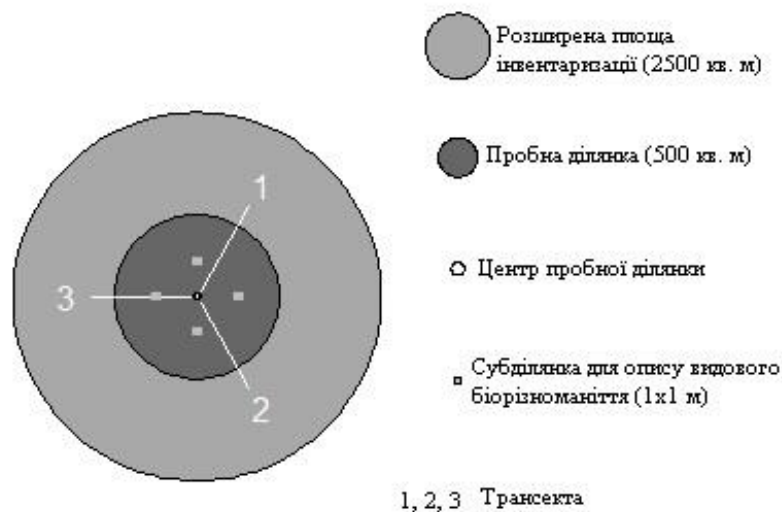


Рис. 1 – Схема пробної ділянки

Дослідні ділянки господарського лісу знаходяться на території Красницького лісництва ДП «Верховинське лісове господарство» (загальна площа 340 га). Висота над рівнем моря становить 850–1 200 м. У вологій буково-ялиновій суяличині закладено 13 ділянок, у вологій буково-ялиновій яличині – 2 та у вологій буково-ялицевій сушмеречині – 5. Вік насаджень становив від 80 до 130 років, повнота деревостану – від $36,7 \text{ м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$ до $86,1 \text{ м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$, загальний запас – $790,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

¹ За фінансування Європейського Союзу через Орган Управління СОП «Румунія-Україна 2014–2020»

Старовікові ліси знаходяться в заповідному урочищі «Дрестунка» та на територіях Бистрецького, Карпатського та Підліснівського ПНДВ Карпатського національного природного парку (загальна площа 200 га). Пробні ділянки розташовані на висоті від 660 до 1 240 м над рівнем моря. У вологій буково-ялиновій суяличині закладено 16 ділянок, а решта 4 – у вологій буково-ялицевій сусмеречині. Вік насаджень становив від 130 до 230 років, показник повноти деревостану – від 30,8 м²·га⁻¹ до 93,7 м²·га⁻¹. Загальний запас – 1 003,8 м³·га⁻¹.

Відмерлу деревину обліковували за двома складовими: деревною ламанню та сухостоєм. Для сухостійних дерев вимірювали висоту, реєстрували клас розкладання та наявність сучків на стовбурі. Згідно з протоколом польових досліджень у рамках загального оцінювання деревостану виділено категорію «СТАТУС ДЕРЕВА», у якій розрізняли стадії розкладання з відповідно присвоєними кодами. У презентованому дослідженні для аналізу стадій розкладання сухостою до уваги брали чотири коди: 36 – відмерле дерево із цілими стовбуром і кроною; 37 – відмерлий цілий стовбур із відламками основних гілок (для листяних дерев – гілки діаметром понад 3 см); 38 – відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3$ м (можливо заміряти діаметр на висоті 1,3 м); 39 – відмерлий окоренок висотою від 0,50 до 1,29 м (діаметра вимірювали на середині висоти окоренку) (Böhl & Brändli 2007, Tinner et al. 2010).

Інвентаризацію деревної ламані проведено методом трансект. Для кожної трансекти враховували відмерлу деревину діаметром понад 7 см, яка її перетинала. Трансекти беруть початок на відстані 1 м від центра пробної площі та спрямовані на 30°, 150° та 270°, у порядку яких проводили їхню таксацію. Для кожного відламка відмерлої деревини на поверхні ґрунту брали до уваги п'ять характеристик: діаметр у двох перпендикулярних напрямках; кут, що утворюється з поверхнею землі; вид (хвойний/листяний) та ступінь розкладання: 1 – свіжа деревина (камбій ще частково функціонує); 2 – тверда відмерла деревина (відсутній сік дерева, тверда; ніж важко проникає у напрямку волокон деревини); 3 – прогнила відмерла деревина (менш тверда, ніж у ступені 2, ніж легко проникає у напрямку волокон (понад 1 см в глибину дерева), але не проникає перпендикулярно (впоперек) напрямку волокон деревини); 4 – трухлява відмерла деревина (м'яка; ніж легко проникає також перпендикулярно до напрямку волокон на глибину менше ніж 1 см); 5 – порохнява відмерла деревина (дуже м'яка або порохнява деревина; ледве тримається разом) (Tinner et al. 2010).

Розрахунок усіх показників і параметрів виконано з використанням програмного середовища R (R Core Team 2020). Об'єм відмерлої деревини оцінювали з використанням таких розрахункових співвідношень:

1. Для обчислення об'єму сухостою з кроною, з наявними гілками діаметром понад 6 см (код 35, 36, 37) використано подвійне логарифмічне рівняння об'єму (1) (Bouriaud et al. 2020):

$$\log(V) = a_0 + a_1 \times \log_{10}(DBH) + a_2 \times (\log_{10}(DBH))^2 + a_3 \times \log_{10}(h) + a_4 \times (\log_{10}(h))^2 \quad (1)$$

$$V = 10^{\log V}$$

де V – об'єм дерева, м³;

DBH – діаметр дерева на висоті 1,3 м, см;

h – висота, м;

a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 – коефіцієнти рівняння регресії досліджуваного виду.

2. Для дерев зі зламаними стовбурами заввишки понад 1,30 м використано розрахункове співвідношення (2) (Bouriaud et al. 2020):

$$V_t = V_e k_r \quad (2)$$

$$k_r = \left(\frac{(h_e - h_t)}{h_e} \right)^3 \quad (3)$$

де V_e – загальний теоретичний об'єм, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$;

k_r – поправочний коефіцієнт;

h_t – виміряна висота, м;

h_e – загальна теоретична висота (розрахована на основі кривої висот), м.

3. Для відмерлих окоренків заввишки 0,5–1,29 м використано формулу об'єму циліндра.

4. Для оцінювання деревної ламані використано співвідношення (4) (Böhl & Brändli 2007):

$$Y(x_l) = \frac{1}{h_l} \sum_{k=1}^{h_l} \frac{\pi^2}{8L_k} \sum_{i=1}^{N(k)} \left(\frac{D1_i + D2_i}{2} \right)^2 \frac{1}{\cos \alpha_i} \quad (4)$$

де $Y(x_l)$ – розрахунковий запас деревної ламані, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$;

h_l – кількість трансект на пробній ділянці,

L_k – горизонтальна довжина k^{th} трансект, м,

$D1_i, D2_i$ – діаметр уламка відмерлої деревини, виміряний у двох перпендикулярних напрямках,

α_i – кут, що утворює відламок відмерлої деревини з поверхнею землі;

$N(k)$ – кількість уламків відмерлої деревини на k^{th} трансекті.

Результати та обговорення. Підрахунок кількості та запасу сухоостою в господарських і старовікових лісах дав змогу визначити його частку від загального запасу для обох типів господарювання: у господарських – 0,97 %, у старовікових – 3,82 %. Знайдено мінімальні, максимальні та середні значення запасів сухоостою у перерахунку на гектар і відповідну стандартну похибку (табл. 1).

Таблиця 1

Загальна характеристика запасу сухоостою

Тип господарювання	Статистичні значення запасу сухоостою, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$				Загальний запас, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	Частка сухоостою від загального запасу, %
	мін.	макс.	сер.	ст. похиандбка		
Господарський ліс	1,1	19,1	7,7	0,4	790,5	0,97
Старовіковий ліс	1,1	158,6	38,3	3,7	1003,8	3,82

Серед усього сухоостою *Abies alba* у господарських лісах найчастіше траплялися дерева зі статусом «відмерлий цілий стовбур з гілками» (код 37) (рис. 2). За ними у порядку зменшення траплялися дерева зі статусом «відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3$ м» (код 38), «відмерлий окоренок висотою від 0,5 до 1,29 м» (код 39) та «відмерле ціле дерево з кроною» (код 36). У старовікових лісах обсяг сухоостою ялиці білої за кодами 37 та 38 є майже однаковим. Дерев у трьох інших статусах (коди 35, 36 та 39) не траплялися.

Сухостій *Fagus sylvatica* L. у господарських лісах траплявся у чотирьох статусах. Найбільше дерев цього виду зафіксовано у статусі «відмерлий цілий стовбур з гілками» (код 37). Слідом у порядку зменшення знаходяться дерева на стадіях розкладання «відмерлий відземок висотою 0,50 до 1,29 м» (код 39), «відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3$ м» (код 38) та «відмерле ціле дерево з кроною» (код 36). У старовікових лісах найбільше сухоостою бука європейського зафіксовано у двох статусах (коди 37 та 38). Майже відсутні дерева у статусі «відмерле ціле дерево з кроною» (код 36), а дерева на стадії «відмерлий відземок висотою 0,50 до 1,29 м» (код 39) – відсутні.

Серед сухоостою *Picea abies*, як і у випадку з ялицею та буком, у господарських лісах найбільше особин зафіксовано у статусі «відмерлий цілий стовбур з гілками» (код 37).

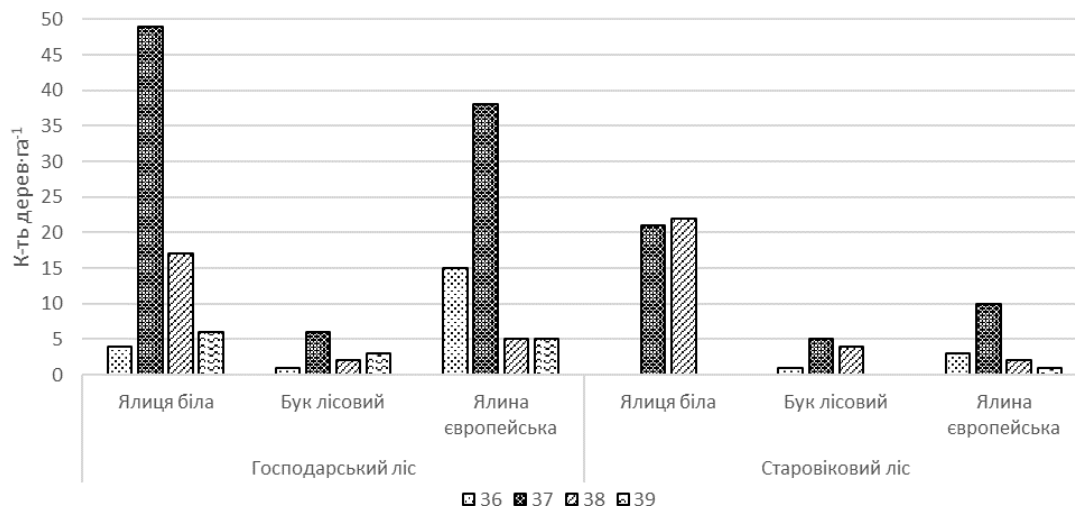


Рис. 2 – Розподіл кількості сухостою за видами та статусом

Чимала кількість дерев цього виду траплялась у статусі «відмерле ціле дерево з кроною» (код 36) та тільки по 5 дерев зі статусів, що належать до кодів 38 та 39. У старовікових лісах зафіксовано незначну чисельність ялини у трьох статусах (коди 36, 38 та 39) та 10 особин зі статусом «відмерлий цілий стовбур з гілками» (код 37).

У господарських лісах обліковано одне дерево *Salix L.* зі статусом «відмерлий цілий стовбур з гілками» (код 37), а в старовікових – один *Acer pseudoplatanus* зі статусом «відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3$ м» (код 38).

У господарських лісах до сухостою ялиці, бука та ялини зі статусу «відмерлий окоренок висотою 0,50 до 1,29 м» (код 39) здебільшого належали пні, що є результатом проведення рубок. У порівнянні зі старовіковими лісами виявлено більшу частку дерев, особливо ялини європейської, зі статусом «відмерле ціле дерево з кроною» (код 36). Незначна кількість дерев на всіх стадіях (статусах) розкладання (коди 36–39), особливо в старовікових лісах, є джерелом живлення та притулком для багатьох живих істот. Ці так звані дерева-оселища є особливо цінними з позицій трофічних і топічних зв'язків у лісових біогеоценозах.

У господарських лісах запас сухостою ялиці білої є у декілька разів меншим, ніж у старовікових – $4,2$ та $13,8 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ відповідно (рис. 3).

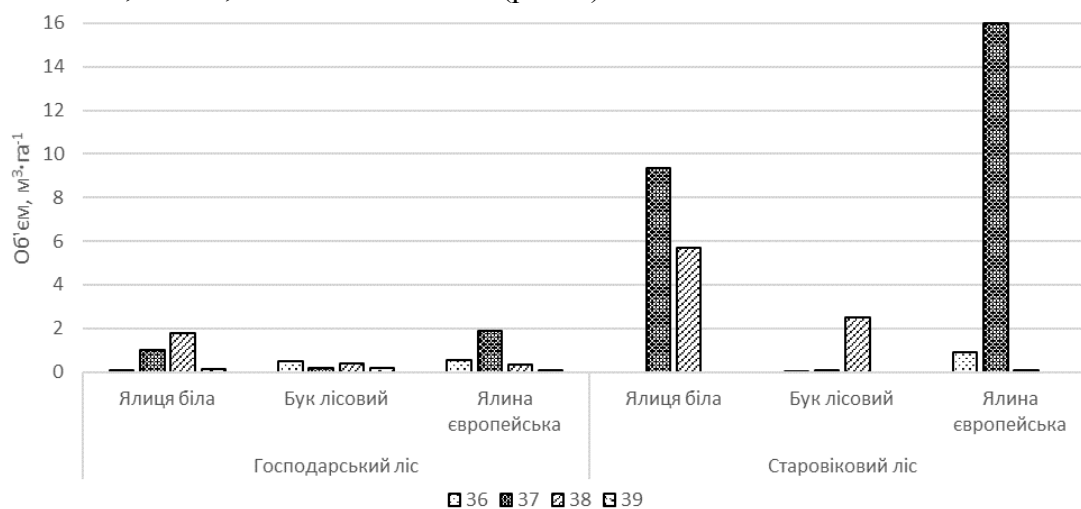


Рис. 3 – Розподіл запасів сухостою за видами та статусом

Найбільша частка сухостою в господарських лісах припадає на дерева зі статусом «відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3$ м» (код 38). За ними слідує дерева, що перебувають у статусі «відмерлий цілий стовбур з гілками» (код 37). Незначні запаси

виявлено для дерев у статусах із кодами 39 та 36. Натомість у старовікових лісах основна маса мертвих дерев ($> 8,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) перебуває у статусі «відмерлий цілий стовбур з гілками» (код 37), а решта ($> 5,3 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) – у статусі «відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3 \text{ м}$ » (код 38). На трьох інших стадіях розкладання (коди 35, 36 та 39) дерев ялиці білої не виявлено.

Запас сухоостою бука європейського в господарських лісах становить $1,3 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а в старовікових – $2,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. У господарських лісах переважали статуси «відмерле ціле дерево з кроною» (код 36) та «відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3 \text{ м}$ » (код 38). Понад удвічі менший запас сухоостою визначено для інших стадій розкладання (коди 37 та 39). У старовікових лісах понад 90 % запасу сухоостою бука європейського знаходиться на стадії «відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3 \text{ м}$ » (код 38).

Для ялини європейської у порівнянні з ялицею білою та буком європейським виявлено значно більший запас сухоостою для обох типів господарювання. У господарських лісах він становить $3,0 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а у старовікових – $17,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Більша частка дерев за запасом у господарських лісах перебуває в статусі «відмерлий цілий стовбур з гілками» (код 37) та менш як $1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ – у статусах «відмерле ціле дерево з кроною» (код 36) та «відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3 \text{ м}$ » (код 38). У старовікових лісах найбільший запас сухоостою ялини європейської (понад 90 %) зафіксовано у статусі «відмерлий цілий стовбур з гілками» (код 37), а решта – на стадіях розкладання «відмерле ціле дерево з кроною» (код 36) та «відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3 \text{ м}$ » (код 38).

Невеликі запаси сухоостою виявлено для верби ($0,05 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) у господарських лісах зі статусом «відмерлий цілий стовбур з гілками» (код 37) та клена-явора ($0,13 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) на стадії розкладання «відмерла частина стовбура висотою $\geq 1,3 \text{ м}$ » (код 38), що пояснюється низькою присутністю цих видів на досліджуваних ділянках (по одному екземпляру на 1 га).

Залежно від діаметра проведено класифікацію сухоостою за трьома класами: товсті, середні та тонкі. До товстих належать дерева діаметром понад 80 см, до середніх – діаметром 26–80 см, а до тонких – до 26 см. У господарських лісах 87,5 % сухоостою належать до категорії тонких, а усі решта – до середніх. Товста деревна ламань відсутня. У старовікових лісах виявлено інший розподіл сухоостою за діаметрами: більше ніж 55 % дерев є тонкими, 28 % належать до класу середніх та 17 % – до класу товстих дерев. Для обох типів господарювання за кількістю переважає тонкий сухостій. Результати спостережень показали, що ці дерева здебільшого росли на дуже близькій відстані одне від одного, що сприяло активізації світлової та кореневої конкуренції.

Запас сухоостою на досліджуваних ділянках у господарських лісах тільки на п'яти з 20 ділянок перевищує $10 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. У старовікових лісах запас є помітно вищим: на одній ділянці він сягає $300 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а на іншій – понад $150 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, на двох ділянках сухоостою не виявлено, а для решти 16 ділянок середнє значення цього показника становить $13,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

Підрахунок обсягу та запасу деревної ламані в господарських і старовікових лісах дав змогу визначити її частку від загального запасу: у господарських лісах – 5,65 %, а в старовікових, де не проводили лісогосподарські заходи, – 7,4 %. Розраховано мінімальні, максимальні та середні значення запасів деревної ламані в перерахунку на 1 га, а також їхню стандартну похибку (табл. 2).

Найбільша частка деревної ламані має четверту та третю стадії розкладання (рис. 4). Далі у порядку зменшення ідуть друга, п'ята та перша стадії розкладання. На 12 ділянках траплялась деревина, яка перебуває на двох і трьох стадіях розкладання, а на чотирьох ділянках – тільки на одній із п'яти стадій. На чотирьох ділянках зафіксовано деревну ламань, що знаходилася на четвертій і п'ятій стадіях розкладання.

У старовікових лісах (рис. 5) найбільший запас деревної ламані знаходиться на третій стадії розкладання, яка наявна на дев'яти дослідних ділянках. Потім у порядку зменшення трапляється відмерла деревина, що знаходиться на п'ятій, четвертій і другій стадіях розкладання.

Загальна характеристика запасів деревної ламані

Тип господарювання	Статистичні значення запасу деревної ламані, м ³ ·га ⁻¹				Загальний запас, м ³ ·га ⁻¹	Частка деревної ламані від загального запасу, %
	мін.	макс.	сер.	станд. похибка		
Господарський ліс	2,1	98,1	44,7	2,3	790,5	5,65
Старовіковий ліс	2,9	343,0	73,9	5,7	1 003,8	7,36

Тільки на трьох ділянках мортмаса цієї категорії траплялася на першій стадії розкладання. На семи ділянках ідентифікована деревина, що знаходиться на одній із п'яти стадій розкладання, а на шести – відмерла деревина, що знаходилась на трьох різних стадіях розкладання. На трьох ділянках виявлено деревину з двома стадіями розкладання і тільки на ділянці 15 зафіксовано мертву деревину на чотирьох стадіях розкладання. Ділянок з усіма стадіями розкладання деревної ламані не виявлено.

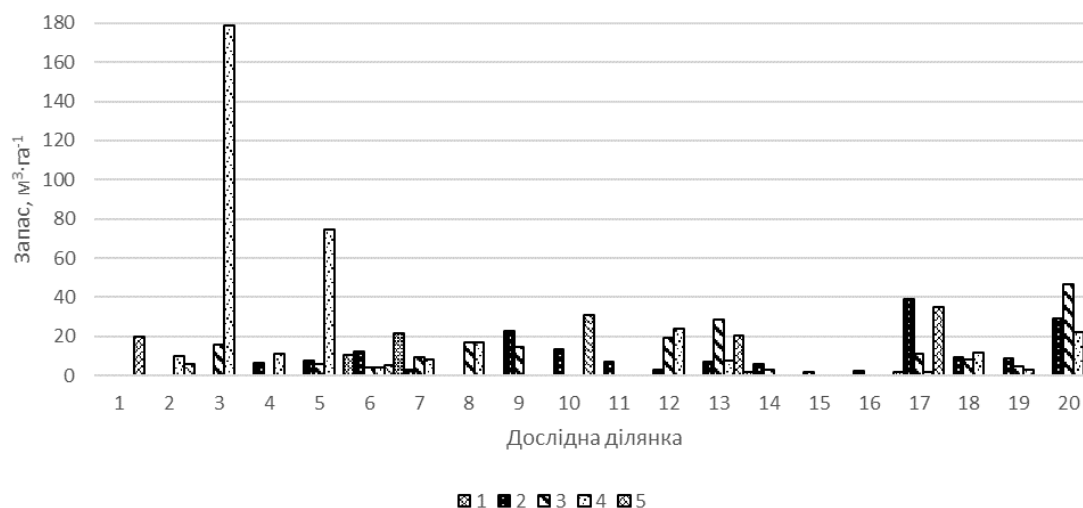


Рис. 4 – Розподіл запасу деревної ламані за стадіями розкладання у господарських лісах

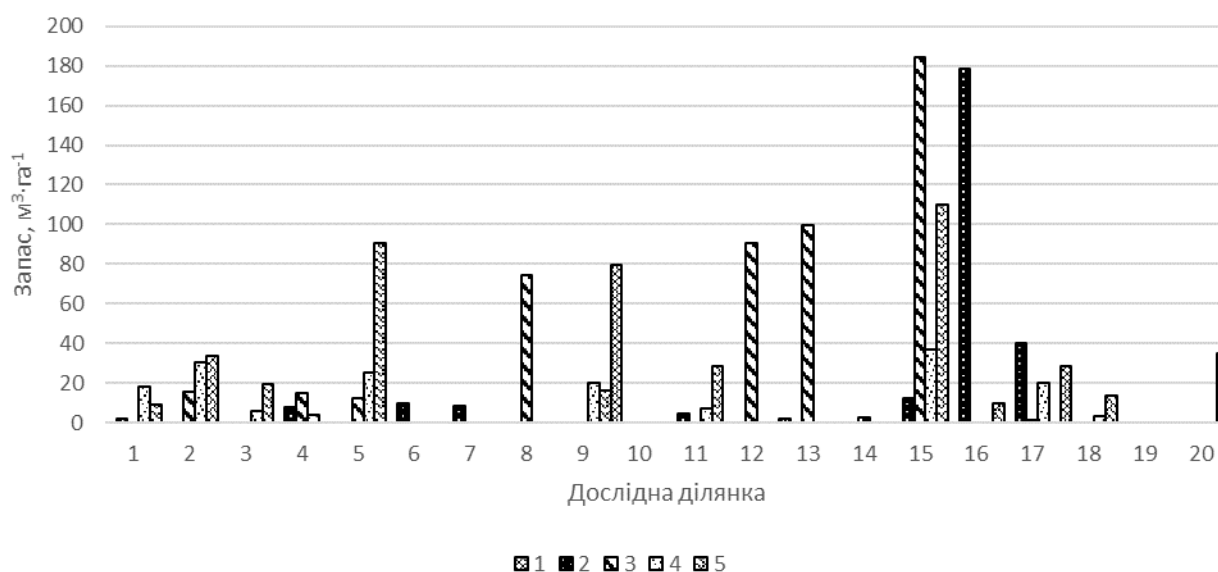


Рис. 5. – Розподіл запасу деревної ламані за стадіями розкладання у старовікових лісах

У старовікових лісах середні запаси деревної ламані є майже у два рази вищими, ніж у господарських ($73,9$ та $44,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ відповідно (табл. 2)). У господарських лісах на ділянці 3 запас деревної ламані становить понад $150 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. На інших трьох ділянках (5, 17 та 20) – від 51 до $100 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$; на ділянках 11, 15 та 16 – до $20 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а на решті – від 20 до $50 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. У старовікових лісах найвищі запаси виявлено на 15-й ($350 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) та 16-й ($150 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) ділянках. На 10 ділянках запас деревної ламані становив від 50 до $100 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, на решті – до $20 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. На ділянці 19 деревної ламані не виявлено.

Висновки. Запас відмерлої деревини в господарських лісах становить близько 53 м^3 на гектар, або 6,6 % від загального. На деревну ламань і сухостій припадає 85 і 15 %. Середній запас сухоостою в господарських лісах становить $7,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, максимальний – $19,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, мінімальний – $1,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Сухостій переважно трапляється на перших стадіях розкладання, що пов'язане з постійними лісогосподарськими втручаннями. Середній запас деревної ламані становить $44,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, максимальне та мінімальне значення – $194,4$ та $2,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ відповідно. Близько 50 % поваленої мертвої деревини перебуває на пізніх стадіях розкладання. Середній запас відмерлої деревини ялиці білої, бука лісового та ялини європейської становить 4,2; 1,3 та $3,0 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

Запас відмерлої деревини в старовікових лісах становить близько $105 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, що є 11,2 % від загального. У цих лісах 67 % відмерлої деревини припадає на деревну ламань і 33 % на сухостій. Середній запас сухоостою в старовікових лісах становить $38,3 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, максимальний – $158,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, мінімальний – $1,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Середній запас деревної ламані в старовікових лісах становить $73,9 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а максимальний та мінімальний – $343,3$ та $2,9 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ відповідно. Найбільшу кількість сухоостою виявлено на початкових стадіях розкладання, а деревна ламань присутня на всіх п'яти стадіях. Середній запас відмерлої деревини ялиці білої, бука лісового та ялини європейської становить 13,8; 2,7 та $17,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

Böhl, J. and Brändli, U.-B. 2007. Deadwood volume assessment in the third Swiss National Forest Inventory: methods and first results. *European Journal of Forest Research*, 126(3): 449–457. <https://doi.org/10.1007/s10342-007-0169-3>

Borodin, A. 2017. Life of deadwood: perceived harm and real benefit. [Electronic resource]. *Wildlife of Belarus*. Available at: <https://wildlife.by/science/articles/zhizn-mertvoy-drevesiny-mnimyy-vred-i-realnaya-polza/> (accessed 03.08.2021) (in Russian).

Bouriaud, O., Marin, G., Hervé, J. C., Riedel, T., Lanz, A. 2020. Estimation Methods in the Romanian National Forest Inventory. Series: Environmental Science, Engineering and Technology. BISAC: SCI026000. Haupauge: Nova Science Publishers, Inc.

Dudley, N. and Vallauri, D. 2004. Deadwood – living forests: The importance of veteran trees and deadwood to biodiversity. WWF report. Gland, Switzerland, 16 p.

Izhuk, H. V. 2013. Role and functions of deadwood in beech virgin forests. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23.9: 352–357 (in Ukrainian).

Kohl, M., Ayanz, J. S.-M., Rametsteiner, E., Dominguez, G. 2015. State of Europe's Forests [Electronic resource]. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Madrid, p. 148–149. Available at: <https://www.foresteurope.org/docs/fullsoef2015.pdf> (accessed 03.08.2021).

Lachat, T., Brang, P., Bolliger, M., Bollmann, K., Brändli, U., Büttler, R., Herrmann, S., Schneider, O., Wermelinger, B. 2014. Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung [Electronic resource]. *Merkblatt für die Praxis*, 52. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 12 p. Available at: https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A9148/datastream/PDF/Lachat-2014-Totholz_im_Wald_Entstehung%2C_Bedeutung-%28published_version%29.pdf (accessed 28.10.2021) (in German).

Maciucă, A. and Roibu, C.-C. 2012. Dead Wood – an important issue for forest biodiversity conservation. *Present Environment & Sustainable Development*, 6: 299–308.

Pasternak, V. P. and Yarotskiy, V. Yu. 2009. The value of deadwood for the forest. Equipment and tools for professionals, 5–6: 68–70 (in Russian).

Promote deadwood for resilient forests in the Romanian-Ukrainian cross-border region (RESFOR). 2020 [Electronic resource]. Available at: <https://ekosfera.org/en/prosuvannya-mertvoyi-derevyny-dlya-stijkyh-lisiv-v-rumunsko-ukrayinskomu-transkordonnomu-regioni-resfor/> (accessed 25.02.2020).

R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Electronic resource]. Available at: <https://www.R-project.org/> (accessed 02.09.2020).

Tinner, R., Commarmot, B., Brang, P., Urs-Beat, B. 2010. Methodical instructions on statistical inventory of Uholsko-Shirokoluzhansky beech virgin forest. Version 1.3 dated 30.04.2010 based on pilot inventory in 2009. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, Birmensdorf, 65 p. (in Ukrainian).

Stevens, V. 1997. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in BC forests. Province of British Columbia [Electronic resource]. Available at: <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/Wp/Wp30.pdf> (accessed 02.09.2021).

Yarotskyi, V. Yu., Pyvovar, T. S., Pasternak, V.P., Buksha, M. I. 2015. Study of the characteristics of dead wood based on the results of 1th Level Forest Monitoring [Electronic resource]. Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and ornamental horticulture, 219: 69–78. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnuu_lis_2015_219_12 (accessed 30.11.2021) (in Ukrainian).

Parpan T. V.¹, Vasylyshyn I. O.¹, Yunyk T. R.¹, Falko R. I.¹, Roibu C.-C.², Cotos M.-G.², Mursa A.², Știrbu M.-I.², Tomescu C.-V.², Simioniuc V.²

INVENTORY OF DEAD WOOD IN MANAGED AND OLD-GROWTH FORESTS ON PERMANENT SAMPLE PLOTS

¹Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry named after P. S. Pasternak,

²Ștefan cel Mare University of Suceava, Forestry Faculty

Inventory of standing (SDW) and lying (LDW) deadwood in managed and old-growth forests of the Ukrainian Carpathians made it possible to determine their stock and percentage of the total stock. The average stock of SDW in managed forests is $7.7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, and in old-growth forests $38.3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. The percentages of the total stock are 0.97% and 3.82%, respectively. The average LDW stock in managed forests is $44.7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, and in old-growth forests it is $73.9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. The percentages of the total stock are 5.7% and 7.4%, respectively. The number of standing and fallen dead trees in old-growth forests is almost two times less, and the stock is twice as high as in managed forests. Within the framework of the research sites, the stages of decomposition of dead wood by tree species were determined and their comparative analysis was carried out. The established indicators of the availability and stock of deadwood contributed to the development of guideline “The role of deadwood and innovative measures for its management” aimed at increasing the productivity of forest ecosystems, their resilience to climate change and biodiversity conservation.

Key words: dead standing trees, dead lying trees, comparative analysis, stages of decomposition, managed forest.

E-mail: tarasparpan@gmail.com

Одержано редколегією 21.10.2021