

ЗАПАСИ ВУГЛЕЦЮ У ВІДМЕРЛІЙ ДЕРЕВИНІ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ СЕРЕДНЬОГО ПРИДНІПРОВ'Я (ЛІСОСТЕП УКРАЇНИ)

О.Ю. Чорнобров

Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: oleksandr.chornobrov@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8251-1573

Відмерла деревина є важливим структурним компонентом лісових екосистем і виконує низку вагомих екологічних функцій, зокрема участь у біологічному кругообігу речовин і енергії та депонуванню вуглецю. Метою статті є оцінити запаси депонованого вуглецю у відмерлій деревині лісових насаджень Середнього Правобережного Придніпров'я (Лісостеп України). Дослідження проведено на прикладі територій лісового фонду північної частини Черкаської обл. за даними матеріалів лісовпорядкування щодо запасів сухоостою та захаращеності. З'ясовано, що у структурі загального запасу вуглецю у відмерлій деревині більшу частку (58,0%) депоновано у сухоості порівняно з захаращеністю (42,0%). У лісових насадженнях, у яких під час лісовпорядкування виявлено відмерлу деревину, середній запас вуглецю у сухоості на одиниці площі насаджень становив 0,9–5,2 т·га⁻¹, середнє значення 2,2 т·га⁻¹, у поваленій відмерлій деревині — 0,9–3,7 т·га⁻¹, і 2,1 т·га⁻¹, відповідно. Для лісових насаджень більшості деревних видів характерним є переважання середнього запасу вуглецю, депонованого у сухоості, порівняно з аналогічним показником для поваленої відмерлої деревини. У насадженнях із домінуванням деревних видів — сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та акації білої (*Robinia pseudoacacia* L.) середній запас вуглецю у сухостійній та поваленій відмерлій деревині був 2,1 і 1,8 т·га⁻¹, 2,8 і 2,6 т·га⁻¹, відповідно. У насадженнях двох зазначених деревних видів зосереджено 82,7% всього запасу вуглецю, депонованого у сухостійній деревині. Відповідна частка вуглецю у поваленій відмерлій деревині сягає 76,2%. Отримані нами дані є важливими у дослідженнях потенційних запасів вуглецю, акумульованого у деревному детриті лісових екосистем Середнього Придніпров'я у контексті вивчення біопродуктивності лісів та обґрунтуванні заходів щодо запобігання змінам клімату. Подальші дослідження у цьому напрямі є необхідними для формування стратегії збалансованого лісокористування у регіоні з урахуванням важливих природоохоронних, екологічних, захисних та ресурсних функцій відмерлої деревини.

Ключові слова: сухостій, захаращеність, лісова екосистема, екологічні функції, природокористування, зміни клімату.

ВСТУП

Лісові екосистеми відіграють значну роль у кругообігу речовин та енергії, виконуючи важливу функцію у депонуванні вуглецю шляхом поглинання його з атмосфери у процесі фотосинтезу, зберігання в біомасі та ґрунті. Вуглець у лісових екосистемах міститься у чотирьох накопичувачах — живій біомасі, відмерлій деревині, підстилці та органічних речовинах ґрунту [1]. Виділення вуглецю у лісах відбувається під час природних процесів (дихання, розкладання відмерлої деревини) та внаслідок впливу діяльності людини (рубка лісів, спалювання деревини). Паризькою

угодою (2015 р.) підтверджено важливу роль лісів планети у запобіганні змінам клімату [2].

Запаси вуглецю в лісах та їх динаміка є вагомими показниками у дослідженнях глобального кругообігу вуглецю, а також для лісового менеджменту. Визначення запасів вуглецю у лісових екосистемах, зокрема в основних його накопичувачах, заохочується Рекомендаціями з обліку парникових газів Міжурядової групи експертів зі зміни клімату [3], розробленими відповідно до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC) та Кіотського протоколу. Загальний запас вуглецю в лісах земної кулі станом на 2020 р. оцінено у 662 Гт,

в середньому 163 т-га^{-1} , та становить понад 50% усього світового запасу вуглецю, який депоновано у ґрунті та рослинності [1]. Близько 45% запасів вуглецю в лісах зосереджено у живій біомасі, 45% — в органічних речовинах ґрунту і 10% у відмерлій деревині та підстилці. У лісових насадженнях країн Європи у біомасі депоновано 35,9% запасів вуглецю, 53,9 — у ґрунті та 10,2% — у лісовій підстилці та відмерлій деревині [4].

Мертва деревина, тобто відмерлі стоячі (сухостій) та повалені дерева, стовбури, гілки та пні, як важливий структурний компонент лісових екосистем, утворюється внаслідок відмирання живих дерев за впливу абіотичних та (або) біотичних чинників [5; 6]. Окрім депонування вуглецю вона виконує низку екологічних функцій, що пов'язані з кругообігом речовин та енергії, функціонуванням та регулюванням основних екосистемних процесів [5–7]. Компоненти відмерлої деревини є важливими для збереження біорізноманіття лісових екосистем [5; 8]. Сухостій та повалені дерева, фрагменти стовбурів формують унікальні середовища існування для грибів, лишайників, мохоподібних, безхребетних, дрібних хребетних, птахів, ссавців та інших організмів.

Враховуючи основні природоохоронні та екологічні функції мертвої деревини, вона постає вагомим об'єктом наукових досліджень на території Середнього Правобережного Придніпров'я (Лісостеп України), зокрема і у лісових екосистемах Канівського Придніпров'я. Особливістю зазначеної території є наявність добре збережених природних лісових екосистем із багатим біорізноманіттям та штучно створених, переважно захисних лісових насаджень, які в межах ландшафту розташовані посеред сільськогосподарських угідь. Територія Канівського Придніпров'я входить до складу Дніпровського екологічного коридору, в межах якого розташовані території природно-заповідного фонду та об'єкти Смарагдової мережі. Ми вже вивчали лісівничо-типологічні особливості розподілу відмерлої деревини у насаджен-

нях зазначеної території у природоохоронних аспектах [9; 10]. Нині ж є важливим оцінити функції відмерлої деревини у депонуванні вуглецю.

Мета роботи — оцінити запаси вуглецю, депонованого у компонентах відмерлої деревини лісових насаджень Середнього Правобережного Придніпров'я (Лісостеп України).

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вивченням запасів депонованого вуглецю у мортмасі лісових насаджень займалася низка вчених. В.П. Пастернак та ін. у роботі [11] досліджували запаси і динаміку вуглецю в компонентах лісових насаджень Лівобережного Лісостепу України на ділянках інтенсивного моніторингу лісів і виявили, що на баланс вуглецю впливають два процеси: біотичні пошкодження, що призводять до всихання дерев, і часткове видалення мертвої деревини з деревостанів. Авторами також було встановлено, що запас вуглецю у мортмасі у дубових лісах вищий, ніж у соснових — 9,3% і 5,7%, відповідно, від загального запасу фітомаси [11]. Вчені В.Ю. Яроцький та ін. аналізували запаси відмерлої деревини у дубових лісостанах [12], запаси фітомаси та мортмаси, а також депонований вуглець у соснових лісових насадженнях Лівобережного Лісостепу України [13]. У.М. Котляревська та ін. у науковій праці [14] досліджували, що у межах Українського Полісся у ґрубому деревному детриті насаджень вільхи чорної накопичено 39,9 Гг вуглецю. Депонований вуглець у мортмасі сухоостою вільхових насаджень у межах адміністративних областей у середньому становив від $2,2 \text{ Мг С-га}^{-1}$ (Волинська обл.) до $3,0 \text{ Мг С-га}^{-1}$ (Київська і Чернігівська обл.) [14]. Р.М. Василишин та ін. у роботі [15] вивчали запаси органічного вуглецю у лісах Київської обл. за даними матеріалів лісовпорядкування. Вони виявили, що загальний запас органічного вуглецю лісів області становить 61,8 млн т, а у мортмасі депоновано 10,5% всього його запасу. Автори у науковій праці [16] досліджували

структуру депонованого вуглецю в біомасі дубових насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Феофанія» (м. Київ) за даними пробних площ. Вони встановили, що у структурі мортмаси 75-річного дубового насадження основну частку становить підстилка (73%), значно менше сухостій — 17%, а деревна ламань і опад грубих гілок — по 5% загального обсягу мортмаси. Загальний запас депонованого вуглецю в біомасі насаджень парку «Феофанія» — близько 11,0 ГтС.

Особливості розподілу депонованого вуглецю компонентів відмерлої деревини у лісових насадженнях Середнього Придніпров'я в межах Лісостепу України вивчено недостатньо. У попередніх роботах нами вже було досліджено запаси поваленої [9] та сухостійної [10] відмерлої деревини у лісових екосистемах Середнього Придніпров'я. Тому наразі є необхідність оцінити запаси депонованого вуглецю у компонентах відмерлої деревини лісів зазначеної території.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оцінювання запасів вуглецю, депонованого у відмерлій деревині, проводили на прикладі лісових насаджень філії «Корсунь-Шевченківське ЛГ» ДП «Ліси України» (до 2021 р. — ДП «Канівський лісгосп»). Досліджувана територія розташована на півночі правобережної частини Черкаської обл. За фізико-географічним районуванням вона належить до Букринсько-Канівського р-ну Київської височинної обл. Подільсько-Придніпровського лісостепового краю Лісостепової недостатньо зволоженої зони Східноєвропейської рівнинної ландшафтної країни [17]. За геоботанічним районуванням вона розташована в межах Північного Правобережно-Придніпровського округу грабово-дубових, дубових лісів, остепнених лук та лучних степів Української лісостепової підпровінції Східноєвропейської лісостепової провінції дубових лісів, остепнених лук та лучних степів Лісостепової підобласті

(зони) Євразійської степової області [18]. За лісотипологічним районуванням вона належить до Правобережного сектору Дніпровського району свіжих грабових дібров області свіжого помірно теплого клімату [19]. У геоморфологічному відношенні територія є полого-гористою рівниною з чітко вираженими долинно-балковими зниженнями, характеризується типовими для цієї частини вказаного фізико-географічного району елементами розлогого балкового рельєфу, вкритими з поверхні вилугуваними чорноземами та сірими лісовими ґрунтами. Абсолютні висоти поверхні перебувають у межах 124–195 м н.р.м. [18].

Для визначення запасів вуглецю було використано вже попередньо опрацьовані нами дані матеріалів лісовпорядкування щодо запасів сухою і захарашеною у лісових насадженнях загальною площею 24558,6 га на територіях п'яти лісництв: Бучацьке, Канівське, Михайлівське, Софіївське, Степанецьке [9; 10].

Обчислення запасів вуглецю проводили окремо для сухою та поваленої відмерлої деревини, у межах деревних порід, у насадженнях яких виявлено зазначені компоненти відмерлої деревини. Запаси сухою (захарашеною) у межах кожної деревної породи було розподілено за класами розкладу. Середні частки кожного класу розкладу у загальному запасі відмерлої деревини було визначено у відсотках для кожної деревної породи за даними обстежень лісових насаджень. Було використано класифікацію компонентів відмерлої деревини за класами розкладу згідно з роботою [20].

Згідно з методиками для розрахунку запасів вуглецю необхідні дані щодо об'єму (запасу) деревини, базисної щільності та вмісту вуглецю у деревині [3; 20; 21].

Обчислення запасів вуглецю у компонентах відмерлої деревини здійснювали для кожної деревної породи за формулою:

$$M_C = \sum (V_i \cdot D_i \cdot F_c),$$

де M_C — запас вуглецю у сухостійній (поваленій) відмерлій деревині, т; V_i — об'єм (запас) сухостійної (поваленої) деревини

i -го класу розкладу, m^3 ; D_i — базисна щільність сухостійної (поваленої) деревини в абсолютно сухому стані i -го класу розкладу, т сухої маси m^{-3} ; F_c — частка вуглецю у деревині в абсолютно сухому стані, %.

Дані про базисну щільність деревини за класами деструкції взято з довідників [3; 22] та роботи [21]. Дані про вмісту вуглецю у деревині отримано з довідників [3; 23]. Середні запаси вуглецю у сухостої (поваленій відмерлій деревині) на одиниці площі насадження було розраховано для кожної деревної породи діленням загаль-

ного запасу на площу насаджень, в яких наявний відповідний компонент відмерлої деревини.

**РЕЗУЛЬТАТИ
ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

У відмерлій деревині лісових насаджень досліджуваної території загалом депоновано 13013,1 т вуглецю (*табл. 1*).

Дані щодо площ насаджень і запасів вуглецю, депонованого у сухостійній відмерлій деревині об'єкта дослідження, подано у *табл. 2*.

Таблиця 1. Загальні показники депонованого вуглецю у відмерлій деревині лісових насаджень

№ п/п	Компонент відмерлої деревини	Площа насаджень, в яких виявлено відмерлу деревину, га	Загальний запас вуглецю у відмерлій деревині, т	Середній запас вуглецю, т·га ⁻¹
1	Сухостій	3439,4	7553,8	2,2
2	Повалена відмерла деревина	2550,3	5459,3	2,1
Разом		—	13013,1	—

Таблиця 2. Запаси вуглецю у сухостійній деревині лісових насаджень переважających деревних видів

№ п/п	Переважajúчий деревний вид насаджень	Площа насаджень, в яких виявлено сухостій, га	Загальний запас вуглецю у сухостої, т	Середній запас вуглецю, т·га ⁻¹
1	Акація біла (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	301,7	841,9	2,8
2	Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)	57,2	139,9	2,4
3	Верба біла (<i>Salix alba</i> L.)	2,3	6,7	2,9
4	Вільха чорна (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaerth)	35,0	67,7	1,9
5	Граб звичайний (<i>Carpinus betulus</i> L.)	134,3	460,0	3,4
6	Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i> L.)	280,3	557,7	2,0
7	Дуб червоний (<i>Quercus rubra</i> L.)	0,5	2,6	5,2
8	Липа дрібнолиста (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	0,9	2,1	2,3
9	Осика (<i>Populus tremula</i> L.)	11,1	25,9	2,3
10	Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	2592,9	5406,7	2,1
11	Сосна кримська (<i>Pinus pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe)	8,9	8,0	0,9
12	Тополя канадська (<i>Populus canadensis</i> Moench)	5,8	17,3	3,0
13	Тополя пірамідальна (<i>Populus pyramidalis</i> Rozier)	5,3	10,7	2,0
14	Ялина європейська (<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.)	1,7	3,9	2,3
15	Ясен зелений (<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.)	1,5	2,7	1,8
Разом		3439,4	7553,8	2,2

Примітка: сформовано автором із використанням даних матеріалів лісовпорядкування та результатів обчислень, виконаних автором.

Як видно з *табл. 2*, у сухостійній відмерлій деревині об'єкта дослідження загалом депоновано 7553,8 т вуглецю у лісових насадженнях площею 3439,4 га. У лісостанах середній запас вуглецю сухою за деревними видами становить від 0,9 т·га⁻¹ (сосна кримська) до 5,2 т·га⁻¹ (дуб червоний), загалом для всіх деревних видів — 2,2 т·га⁻¹. Основна частина запасу вуглецю (82,7%) зосереджена в насадженнях двох деревних видів — сосни звичайної і акації білої, які є переважними у лісовому фонді досліджуваного об'єкта. У лісових насадженнях з домінуванням сосни звичайної запаси вуглецю, депонованого у сухою, становлять 5406,7 т, або 71,6% від загального запасу вуглецю сухою деревини в насадженнях, де проводився облік

мертвої деревини. У насадженнях зазначеного деревного виду середній запас вуглецю був 2,1 т·га⁻¹. У лісових насадженнях із переважанням акації білої запаси вуглецю, депонованого у сухою, становлять 841,9 т, або 11,1% від його загального запасу у зазначеному компоненті відмерлої деревини. У насадженнях акації білої середній запас вуглецю був 2,8 т·га⁻¹.

Дані щодо площ насаджень і запасів вуглецю, депонованого у поваленій відмерлій деревині об'єкта дослідження, представлено у *табл. 3*.

Як бачимо з *табл. 3*, у поваленій відмерлій деревині об'єкта дослідження загалом депоновано 5459,3 т вуглецю. У лісових насадженнях середній запас вуглецю поваленій відмерлої деревини за

Таблиця 3. Запаси вуглецю у поваленій відмерлій деревині лісових насаджень переважаних деревних видів

№ п/п	Переважаючий деревний вид насаджень	Площа насаджень, в яких виявлено захарашеність, га	Загальний запас вуглецю у захарашеності, т	Середній запас вуглецю, т·га ⁻¹
1	Акація біла (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	1077,3	2819,7	2,6
2	Берест (<i>Ulmus minor</i> Mill.)	5,2	6,3	1,2
3	Бере́за повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)	51,2	114,8	2,2
4	Верба біла (<i>Salix alba</i> L.)	10,7	39,8	3,7
5	Вільха чорна (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaerth)	53,4	79,2	1,5
6	Граб звичайний (<i>Carpinus betulus</i> L.)	217,7	397,8	1,8
7	Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i> L.)	270,4	472,5	1,7
8	Клен гостролистий (<i>Acer platanoides</i> L.)	15,7	26,9	1,7
9	Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)	4,7	11,6	2,5
10	Липа дрібнолиста (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	23,0	23,6	1,0
11	Осика (<i>Populus tremula</i> L.)	21,1	58,2	2,8
12	Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	760,0	1339,4	1,8
13	Сосна кримська (<i>Pinus pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe)	1,0	2,9	2,9
14	Тополя канадська (<i>Populus canadensis</i> Moench)	9,8	28,8	2,9
15	Тополя чорна (<i>Populus nigra</i> L.)	1,3	1,2	0,9
16	Ялина європейська (<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.)	0,3	0,6	2,0
17	Ясен звичайний (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	13,9	18,3	1,3
18	Ясен зелений (<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.)	13,6	17,7	1,3
Разом		2550,3	5459,3	2,1

Примітка: сформовано автором із використанням даних матеріалів лісовпорядкування та результатів обчислень, виконаних автором.

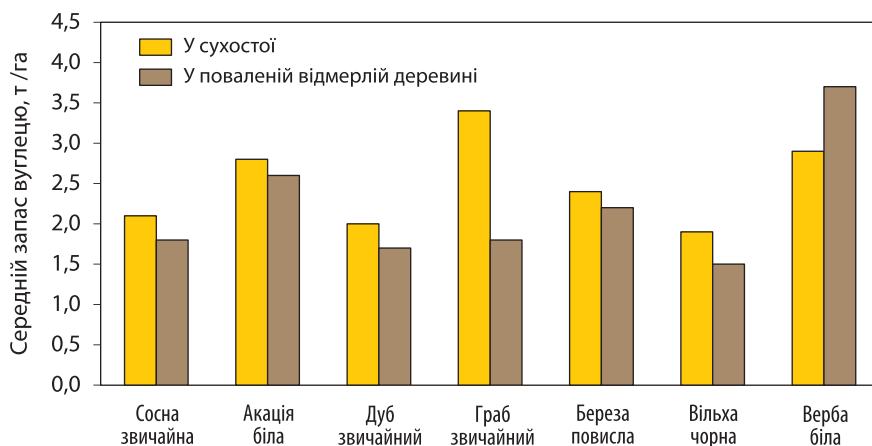
деревними видами становить від $0,9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (тополя чорна) до $3,7 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (верба біла), загалом для всіх деревних видів — $2,1 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Основна частина запасу вуглецю (76,2%) зосереджена в насадженнях двох деревних видів — акації білої і сосни звичайної, які є переважаючими у лісовому фонді досліджуваного об'єкта. У лісових насадженнях із домінуванням акації білої запаси вуглецю поваленій відмерлої деревини становлять 2819,7 т, або 51,6% від загального запасу вуглецю зазначеного компонента відмерлої деревини в насадженнях, де проводився його облік. У насадженнях зазначеного деревного виду середній запас вуглецю був $2,6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. У лісових насадженнях із переважанням сосни звичайної запаси вуглецю поваленій відмерлої деревини становлять 1339,4 т, або 24,5% від його загального запасу зазначеного компонента відмерлої деревини. У насадженнях сосни звичайної середній запас вуглецю був $1,8 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$.

Згідно з даними звіту [4], станом на 2015 р. середньозважений запас відмерлої деревини становив $11,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Середній запас мертвої деревини у лісах України оцінено у $6,3 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ (сухостій — $3,9 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, лежача мертва деревина — $2,4 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$). На відміну від більшості країн Європи для лісів України характерним є переважання саме сухостійної мертвої деревини. Згід-

но з даними власних досліджень у лісових екосистемах НПП «Голосіївський» та НПП «Слобожанський», де проводився облік відмерлої деревини під час лісовпорядкування, середній запас сухоостою був $6,8 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ і $7,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, відповідно, захаращеності — $6,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ і $5,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, відповідно. У НПП «Голосіївський» середній запас мертвої деревини у свіжому дубово-сосновому суборі — $13,6 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, у свіжій грабовій діброві — $7,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

У досліджуваних нами насадженнях середній запас сухоостою становив від $5,0 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ до $20,0 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, загалом для всіх деревних видів — $10,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, поваленій відмерлої деревини — $5,0 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ – $17,8 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, і $8,5 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, відповідно. Середні запаси вуглецю у сухоості були $2,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, у поваленій відмерлій деревині — $2,1 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (рис.).

Як видно з *рисунка*, для більшості деревних видів характерним є переважання середнього запасу вуглецю, депонованого у сухоості, порівняно з аналогічним показником для поваленій відмерлої деревини. Для одного деревного виду — граба звичайного — таке переважання є досить значним. Водночас, у насадженнях верби білої виявлено домінування середнього запасу вуглецю, депонованого у поваленій відмерлій деревині. Як відомо, запас вуглецю



Середні запаси вуглецю у компонентах деревного детриту у насадженнях переважаючих деревних порід

у компоненті відмерлої деревини залежить від його запасу та розподілу за класами деградації, базисної щільності деревини та вмісту вуглецю. Базисна щільність деревини залежить від деревної породи та класу деградації. Вміст вуглецю у деревині в абсолютно сухому стані є сталою величиною для певної деревної породи. І хоча базисна щільність деревини зменшується зі збільшення стадії розкладу деревини, а також значно відрізняється залежно від деревної породи, середні запаси вуглецю значною мірою визначаються середніми запасами відповідного компонента відмерлої деревини.

Науковці [11] вивчали запаси і динаміку вуглецю в компонентах лісових насаджень Лівобережного Лісостепу України. Дослідниками було встановлено, що середній запас вуглецю у мортмасі дубових лісів становить $8,8 \text{ т-га}^{-1}$, соснових — $5,3 \text{ т-га}^{-1}$.

Автори у роботі [12] досліджували відмерлу деревину у дубових лісових насадженнях Лівобережного Лісостепу України за даними моніторингових ділянок і встановили, що запас сухостійних дерев становить $15,2 \text{ м}^3\text{-га}^{-1}$, поваленої відмерлої деревини — $21,5 \text{ м}^3\text{-га}^{-1}$. Запаси вуглецю у дубових насадженнях мали $3,4$ і $4,5 \text{ т-га}^{-1}$ у сухостійних деревах та поваленій відмерлій деревині, відповідно [12]. Вчені у наукових працях [13] виявили, що у соснових насадженнях Лівобережного Лісостепу України середній запас сухостою був $8,6 \text{ м}^3\text{-га}^{-1}$, поваленої відмерлої деревини — $9,1 \text{ м}^3\text{-га}^{-1}$. У досліджуваних лісових насадженнях у відмерлій деревині депоновано приблизно $1,2\text{--}1,5 \text{ т-га}^{-1}$, що становить близько 2,4% запасів вуглецю живої біомаси соснового лісу [13].

На підставі наведеного вище, можна стверджувати, що отримані нами дані щодо запасів вуглецю у відмерлій деревині в лісах Середнього Правобережного При-

дніпров'я загалом узгоджуються з результатами інших подібних досліджень. Водночас, певні відмінності пояснюються різними ґрунтово-кліматичними умовами територій, породним і віковим складом насаджень, використанням різних методик досліджень (одержання польових даних на пробних площах, моніторингових ділянках, або ж використання матеріалів лісовпорядкування). Здебільшого у проаналізованих нами дослідженнях інших авторів використано дані пробних площ, що дають змогу отримати точні дані про запаси вуглецю у всіх компонентах фітомаси і мортмаси, наше ж дослідження обмежене даними, які визначаються під час лісовпорядкування. Слід також враховувати, що використані дані матеріалів лісовпорядкування є орієнтовними, що дають лише загальну інформацію про наявність мертвої деревини у лісовому фонді досліджуваного об'єкта. Для одержання точних даних необхідні польові дослідження.

ВИСНОВКИ

Отже, оцінено загальні та середні запаси вуглецю, акумульовані у компонентах відмерлої деревини у лісових насадженнях Середнього Правобережного Придніпров'я. Більша частка його загального запасу депонована у сухостій (58%) порівняно з захраненістю (42%). Основна частина запасу вуглецю відмерлої деревини міститься у насадженнях двох переважаючих деревних видів — сосни звичайної та акації білої. Середній запас вуглецю у сухостійній деревині на одиниці площі насадження становив $2,2 \text{ т-га}^{-1}$, у поваленій відмерлій деревині — $2,1 \text{ т-га}^{-1}$. Подальші дослідження в цьому напрямі є важливими для формування стратегій збалансованого лісокористування у регіоні з урахуванням основних природоохоронних, екологічних, захисних та ресурсних функцій відмерлої деревини.

ЛІТЕРАТУРА

1. *The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies.* (2022). Rome, FAO. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb9360en>.
2. Паризька угода. Ратифіковано Законом № 1469-

VIII від 14.07.2016. (2016). (Україна). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text.

3. Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (Eds.). (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan: IGES. URL:

- <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.
4. *State of Europe's Forests 2020*. (2020). Forest Europe. URL: https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf.
 5. Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Solins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., ..., Cummins, K. W. (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).
 6. Franklin, J. F., Shugart, H. H., & Harmon, M. E. (1987). Tree death as an ecological process. *Bio Science*, 37(8), 550–556.
 7. Oettel, J., Lapin, K., Kindermann, G., Steiner, H., Schweinzer, K.-M., Frank, G., & Essl, F. (2020). Patterns and drivers of deadwood volume and composition in different forest types of the Austrian natural forest reserves. *Forest Ecology and Management*, 463. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118016>.
 8. Humphrey, J. W., Sippola, A.-L., Lempérière, G., Dodelin, B., Alexander, K. N. A., & Butler, J. E. (2004). Deadwood as an indicator of biodiversity in European forests: from theory to operational guidance. *EFI-Proceedings*, 51, 193–206.
 9. Чорнобров, О. Ю., & Христецька, М. В. (2023). Лісівничо-екологічні особливості розподілу запасів поваленої мертвої деревини у лісових екосистемах Канівського Придніпров'я. *Агро-екологічний журнал*, 4, 53–64. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293753>.
 10. Чорнобров, О. Ю. (2023). Запаси відмерлої сухостійної деревини у лісових насадженнях Середнього Придніпров'я (Лісостеп України). *Агро-екологічний журнал*, 1, 75–84. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299941>.
 11. Пастернак, В. П., Пивовар, Т. С., & Яроцький, В. Ю. (2020). Запаси вуглецю у лісах Лівобережного Лісостепу України за даними інтенсивного моніторингу. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 20, 120–130. DOI: <https://doi.org/10.15421/412011>.
 12. Yarotskiy, V., Pasternak, V., & Nazarenko, V. (2019). Deadwood in the oak forests of the Left Bank Forest-steppe of Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A—Forestry*, 61(4), 247–254. DOI: <https://doi.org/10.2478/ffp-2019-0024>.
 13. Yarotskiy, V., Pasternak, V., & Nazarenko, V. (2019). Phytomass and mortmass assessment in pine forests of left-bank forest Steppe of Ukraine. *Silva Balcanica*, 20(2), 63–71.
 14. Котляревська, У. М., & Білоус, А. М. (2017). Депонований вуглець та запас енергії у грубому деревному детриті вільхових лісів Українського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 27(4), 39–43. DOI: <https://doi.org/10.15421/40270408>.
 15. Vasylyshyn, R., Lakyda, I., Melnyk, O., Lakyda, M., & Rymarenko, Yu. (2021). Organic carbon in the plant biomass of forests in Kyiv region. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 12(3), 63–71. DOI: <https://doi.org/10.31548/forest2021.03.005>.
 16. Білоус, А. М., Матяшук, Р. К., Білоус, С. Ю., Володимиренко, В. М., & Мацала, М. С. (2017). Динаміка вуглецю біомаси в лісових екосистемах парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Феофанія». *Лісове і садово-паркове господарство*, 12. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc_2017_12_3.
 17. Толстоухов, А. В. (Ред.). (2007). *Екологічна енциклопедія: Т. 1. А-Е*. Київ: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації».
 18. Руденко, Л. Г. (Ред.). (2008). *Національний атлас України*. Київ: ДНВП «Картографія».
 19. Остапенко, Б. Ф., & Ткач, В. П. (2002). *Лісова типологія*. Харків: Вид-во Харк. держ. аграрного університету ім. В.В. Докучаєва.
 20. Neumann, M., Echeverria, S., & Hasenauer, H. (2023). A simple concept for estimating deadwood carbon in forests. *Carbon Management*, 14(1). DOI: <https://doi.org/10.1080/17583004.2023.2197762>.
 21. Stakėnas, V., Varnagirytė-Kabašinskienė, I., Sirgedaitė-Šežienė, V., Armolaitis, K., Araminienė, V., Muraškienė, M., & Žemaitis, P. (2020). Dead wood carbon density for the main tree species in the Lithuanian hemiboreal forest. *European Journal of Forest Research*, 139, 1045–1055. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01306-3>.
 22. FAO. *Basic wood densities of stemwood for boreal and temperate species*. URL: <https://www.fao.org/4/j2132s/j2132s16.htm#TopOfPage>.
 23. Matthews, G. (1993). *The carbon content of trees*. *Forestry Commission technical paper 4*. Edinburgh.

Стаття надійшла до редакції журналу 03.01.2025