

УДК 630.2:581.5(477.53)

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.148.2026.134>

ФІТОМАСА ТА ДЕПОНОВАНИЙ ВУГЛЕЦЬ У ЛІСАХ ПОЛТАВСЬКОГО НАДЛІСНИЦТВА

С. С. Ковалевський¹, В. М. Хрик^{2*}

Визначено, що загальна фітомаса лісових насаджень Полтавського надлісництва філії «Слобожанський лісовий офіс» ДП «Ліси України» становить 15 100,59 тис. т абсолютно сухої речовини. Цей обсяг органічної маси забезпечує акумуляцію 7 513,88 тис. т вуглецю. Виявлено, що хоча в лісовому фонді надлісництва домінують хвойні деревні види (74 % площі), найвищу питому щільність депонованого вуглецю зафіксовано саме у твердолистяних насадженнях – 10,7 кг·м⁻². У структурному розподілі фітомаси абсолютна більшість припадає на деревину і кору стовбурів (72 %). Кореневі системи акумулюють близько 17 % органічної маси, крона (гілки та асиміляційний апарат) – 7 %, а піднаметова рослинність – 4 %. Аналіз вікової структури лісів виявив суттєве переважання середньовікових і пристиглих деревостанів (понад 65 %), що свідчить про високий потенціал поглинання вуглекислого газу найближчими роками, однак потребує оптимізації для забезпечення рівномірного лісокористування. Одержані результати мають вагоме практичне значення для вдосконалення системи національної інвентаризації парникових газів, просторового планування лісогосподарських заходів та розвитку біоенергетики в регіоні.

Ключові слова: лісові екосистеми, біопродуктивність, вуглецевий цикл.

Вступ. Глобальна зміна клімату та підвищення концентрації парникових газів в атмосфері є одними з найбільш гострих екологічних викликів сучасності, що підтверджується масштабними дослідженнями вуглецевого бюджету лісів за майбутніх кліматичних сценаріїв (Pilli *et al.*, 2022) та чутливості запасів лісового вуглецю до умов довкілля (Besnard *et al.*, 2021). Вплив кліматичних екстремумів безпосередньо позначається на зниженні приросту основних лісоутворювальних деревних видів (Trembl *et al.*, 2021), тому відновлення екологічних функцій лісових екосистем є ключовим інструментом збереження біорізноманіття (Zhao *et al.*, 2025). Для розроблення ефективних стратегій адаптації в Україні методологію моделювання та оцінювання впливу зміни клімату на лісові фітоценози постійно вдосконалюють (Buksha *et al.*, 2017). Водночас на глобальному рівні створюють масштабні референсні набори даних для дистанційного зондування лісової біомаси (Schepaschenko *et al.*, 2019), що дає змогу підвищити точність таксаційних розрахунків.

На увагу заслуговують дослідження вуглецевого циклу в окремих природних зонах. Зокрема, вплив природних та антропогенних порушень на вуглецевий баланс лісових екосистем Українського Полісся детально проаналізовано у фаховій літературі (Lakyda *et al.*, 2019). Методи оцінювання надземної біомаси все частіше спираються на алгоритми машинного навчання (Dang *et al.*, 2019), багатофакторні регресійні моделі (An *et al.*, 2019) та нелінійне моделювання приросту й фіксації вуглецю у керованих лісах (Albers *et al.*, 2019). Для загальноєвропейських деревних видів розроблено узагальнені алометричні рівняння фітомаси, які враховують структуру деревостану, вік дерев і клімат (Forrester *et al.*, 2017).

У вітчизняному лісознавстві вагомих внесок у дослідження первинної продукції компонентів надземної частини дерев, зокрема сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), зроблено на матеріалах Східного Полісся (Matushevych and Lakyda, 2021). Проаналізовано продуктивність та екологічні функції самосійних соснових лісів (Lakyda and Blyshchuk, 2024) і доведено високу вуглецепоглиняльну здатність таких насаджень (Moroz and Nykytiuk, 2019).

¹ Ковалевський Сергій Сергійович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Горіхуватський шлях, 15, Київ, 03041, Україна. Е-mail: kovalevskiy.s@nubip.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8185-2058>

² Хрик Василь Михайлович, доктор педагогічних наук, професор, Білоцерківський національний аграрний університет, Соборна площа, 8/1, Біла Церква, 09117, Київська область, Україна. Е-mail: hvm2020@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1912-3476>

*Адреса для кореспонденції: hvm2020@ukr.net

Точна таксаційна оцінка фітомаси вимагає глибокого розуміння базової щільності деревини та параметрів крон головних лісоутворювальних деревних видів, що підтверджують дослідження як у степовій зоні України (Sytnyk *et al.*, 2018), так і за кордоном (Repola, 2006). Не менш важливим є розроблення систем конверсійних коефіцієнтів для різних компонентів фітомаси, що успішно реалізовано на прикладі окремих природних парків (Dubrovets and Lakyda, 2017). Дослідження надземної фітомаси та депонованого вуглецю також охоплюють штучні насадження (Lakyda and Shamrai, 2013), мішані деревостани гірських територій (Bokoch *et al.*, 2012) та загальні принципи біометричного моделювання росту насаджень на основі повидільних баз даних (Myklush, 2007).

Незважаючи на значний обсяг наукових публікацій у періодичних виданнях, питання комплексного оцінювання обсягів фітомаси за фракціями та визначення вуглецевого потенціалу безпосередньо в лісах Полтавського надлісництва філії «Слобожанський лісовий офіс» ДП «Ліси України» залишається недостатньо висвітленим. З огляду на актуальні зміни у віковій і видовій структурі місцевих насаджень, існує нагальна потреба в уточненні регіональних показників депонованого вуглецю, що є невирішеним завданням, критично важливим для прийняття обґрунтованих управлінських рішень та оптимізації ведення лісового господарства в регіоні.

Мета досліджень – оцінювання запасів фітомаси й депонованого вуглецю в насадженнях Полтавського надлісництва для визначення їхньої екологічної ролі та потенціалу в пом'якшенні кліматичних змін.

Матеріали й методи. Об'єктом дослідження були лісові насадження Полтавського надлісництва філії «Слобожанський лісовий офіс» ДП «Ліси України». Інформаційною базою слугували матеріали лісовпорядкування та дані повидільної бази даних, опрацьовані за допомогою спеціалізованого програмного комплексу «PERTA», розробленого фахівцями НУБіП України. Збір даних охоплював аналіз матеріалів базового лісовпорядкування (метод класів віку) на площі 95 561 га. Для верифікації даних використано інформацію з 1 137 площадок вибіркового методу таксації та 3 248 реласкопічних площадок. Водночас емпіричною базою для розроблення моделей були дані 68 відібраних модельних дерев.

Фітомасу оцінювали на основі загальноприйнятої методики П. І. Лакиди, яка передбачає використання системи розрахункових нормативів (багатофакторних регресійних рівнянь) для визначення маси окремих фракцій дерева (стовбур, кора, гілки, листя/хвоя, коріння) в абсолютно сухому стані залежно від таксаційних показників деревостану. Для деревних видів, для яких регіональні моделі відсутні, використовували моделі аналогів деревних видів із подібним габітусом та щільністю деревини. Перехід від фітомаси до запасів вуглецю здійснювали з використанням конверсійних коефіцієнтів: 0,5 для деревних фракцій та 0,45 для листя (хвої) і піднаметової рослинності. Статистичну обробку результатів виконували в середовищі Microsoft Excel та SPSS.

Результати. Загальна площа земель лісогосподарського призначення Полтавського надлісництва становить 95 561 га. Аналіз структури земельного фонду свідчить про високу ефективність використання земель: лісові землі займають 89 861,8 га (94,1 %), з яких вкриті лісовою рослинністю ділянки становлять 81 168,8 га (або 90,3 % від загальної площі).

За видовим складом насадження надлісництва характеризуються домінуванням хвойних деревних порід, які займають 74,2 % вкритих лісовою рослинністю земель. Твердолистяні деревні породи становлять 10,3 %, а м'яколистяні – 16,1 %. У групі хвойних деревних видів абсолютно домінує сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) (99,9 %), а серед твердолистяних – дуб звичайний (*Quercus robur* L.) (90,7 %).

Вікова структура лісів є нерівномірною. Найбільша площа припадає на середньовікові (37,1 %) та пристиглі (28,2 %) насадження, тоді як молодняки становлять 24,1 %, а стиглі та перестійні насадження – лише 10,3 %. Така структура свідчить про значний потенціал накопичення деревини у майбутньому. Важливим показником біопродуктивності є запас

стовбурової деревини. Середній запас на 1 га вкритих лісовою рослинністю земель становить 218 м³, що є високим показником для рівнинної частини України. Середня зміна запасу (приріст) становить 4,1 м³·га⁻¹ на рік.

Для обґрунтування вибору аргументів моделей проведено аналіз статистик розподілу таксаційних показників (табл. 1).

Таблиця 1

Основні статистики розподілу показників за деревними видами

Table 1

Key statistics on the distribution of indicators by tree species

Показник Indicator	Значення Value		X	σ	A	E
	Min	max				
Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i> L.)						
A , років	8	107	57,2	29,8	-0,232	-1,171
D , см	3,2	35,7	20,9	10,5	-0,171	-1,253
H , м	4,2	27,4	17,8	6,8	-0,513	-0,811
M , м ³ ·га ⁻¹	4,3	613,9	245,9	141,5	0,641	1,286
Граб звичайний (<i>Carpinus betulus</i> L.)						
A , років	13	75	39,5	18,5	0,769	-0,152
D , см	5,2	20,0	13,2	4,4	-0,201	-0,626
H , м	8,7	21,1	15,3	3,6	-0,217	-0,652
M , м ³ ·га ⁻¹	66	359,4	192,9	76,5	0,543	0,631
Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris</i> L.)						
A , років	16	121	54,8	32,1	0,873	-0,364
D , см	7,2	40,5	21,1	9,3	0,447	-0,381
H , м	7,2	31,4	18,9	6,7	0,079	-0,467
M , м ³ ·га ⁻¹	45,8	513,6	289,5	113,1	-0,039	1,091

Примітка. A – вік, D – діаметр, H – висота, M – запас, X – середнє значення, σ – середнє квадратичне відхилення, A – асиметрія, E – ексцес.

Аналіз отриманих статистик (табл. 1) дає змогу комплексно охарактеризувати структуру сформованої бази даних. Широкий діапазон між мінімальними та максимальними значеннями підтверджує репрезентативність вибірки, що охоплює насадження різних вікових етапів розвитку. Водночас середнє квадратичне відхилення (σ) демонструє значну природну мінливість продуктивності фітоценозів, виражену в тих же одиницях, що і середнє значення.

Показники асиметрії (A) та ексцесу (E) характеризують форму варіації рядів розподілу. У більшості випадків (для віку, діаметра, висоти та запасу) вони не перевищують допустимих меж ($A \leq 1,0$; $E \leq 1,2$), що свідчить про наближеність фактичного розподілу до нормального (Myklush, 2007).

Загалом, рівномірність розподілу більшості розрахованих статистик підтверджує надійність накопиченої інформації. Разом із виявленим тісним кореляційним зв'язком між основними морфометричними параметрами це створює обґрунтоване статистичне підґрунтя для вірного вибору аргументів та побудови адекватних математичних моделей.

Кореляційний аналіз підтвердив наявність сильного зв'язку ($r = 0,88 \dots 0,96$) між віком, діаметром та висотою. На основі цих даних розроблено систему регресійних рівнянь (табл. 2).

Аналіз параметрів розроблених моделей (див. табл. 2) свідчить, що регресійні залежності конверсійних коефіцієнтів фітомаси для дуба, граба та сосни характеризуються високим ступенем апроксимації. Використання цих математичних моделей дає можливість максимально ефективно використати дослідні дані та забезпечує надійну основу для подальших розрахунків загальних обсягів надземної фітомаси й депонованого вуглецю (Kovalevskyi, 2015).

Таблиця 2

Регресійні рівняння конверсійних коефіцієнтів R_v

Table 2

Regression equations for conversion factors R_v

Модель регресії Regression model	Q^2
<i>Дуб звичайний</i>	
$R_{v(st)} = 0,634 \cdot A^{-0,031} \cdot \Pi^{0,184}$	0,77
$R_{v(g)} = 2,217 \cdot A^{-0,724} \cdot \Pi^{0,055}$	0,75
$R_{v(l)} = 2,329 \cdot A^{-1,274} \cdot \Pi^{-0,224}$	0,87
<i>Гراب звичайний</i>	
$R_{v(st)} = 0,347 \cdot A^{0,135}$	0,78
$R_{v(g)} = 1,652 \cdot A^{-0,836} \cdot \Pi^{0,902}$	0,75
$R_{v(l)} = 0,001 \cdot A^{-0,574} \cdot B^{0,964}$	0,78
<i>Сосна звичайна</i>	
$R_{v(st)} = 0,378 \cdot A^{0,002}$	0,87
$R_{v(g)} = 0,968 \cdot A^{-0,992} \cdot \Pi^{-1,003}$	0,92
$R_{v(l)} = 9,98 \cdot A^{-1,949}$	0,96

Примітка. *St* – деревина і кора стовбура, *g* – деревина і кора гілок, *l* – листя (хвоя). *A* – вік, *Π* – повнота, *B* – клас бонітету, Q^2 – коефіцієнт детермінації

На основі таксаційних показників і моделей біопродуктивності розраховано загальну фітомасу насаджень (табл. 3).

Таблиця 3

Розподіл фітомаси та депонованого вуглецю в лісах Полтавського надлісництва за групами деревних видів

Table 3

Distribution of biomass and carbon stocks in the forests of the Poltaske Forestry Management Unit by tree species groups

Група лісоутворювальних деревних видів Group of forest-forming tree species	Компоненти фітомаси (суха речовина), тис. т Phytomass components (dry matter), thous. tonnes					Разом фітомаса, тис. т Total phytomass, thous. tonnes	Вуглець всього, тис. т Total carbon, thous. tonnes	Щільність вуглецю, $\text{кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ Carbon density, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$
	листя (хвоя) foliage (needles)	гілки branches	стовбур (деревина+кора) stem (wood + bark)	корені roots	Піднаметова рослинність understory vegetation			
Хвойні	67,23	371,03	7 917,38	1 781,52	490,84	10 628,0	5 286,09	7,4
Твердолистяні	37,25	274,07	1 356,29	334,47	37,8	2 039,88	1 016,19	10,7
М'яколистяні	44,44	208,27	1 603,26	526,04	50,69	2 432,71	211,6	7,9
Всього	148,92	853,36	10 876,94	2 642,04	579,33	15 100,59	7 513,88	7,8

Загальну фітомасу лісових насаджень надлісництва оцінено в 15100,59 тис. т абсолютно сухої речовини. Основну частину біомаси зосереджено у хвойних лісах – 10 628,00 тис. т (70,4 %), що відповідає їхньому домінуванню за площею.

Структурний аналіз фітомаси (рис. 1) свідчить, що її значна частка припадає на деревину й кору стовбурів – 72 % (10 876,94 тис. т). Кореневі системи акумулюють 17 % біомаси (2 642,04 тис. т), деревина й кора гілок – 6 % (853,36 тис. т). Частка асиміляційного апарату (листя/хвоя) становить 1 %, а піднаметової рослинності – 4 %.

Такий розподіл є типовим для стиглих і середньовікових насаджень помірного поясу, де стовбур є основним резервуаром органічної речовини.

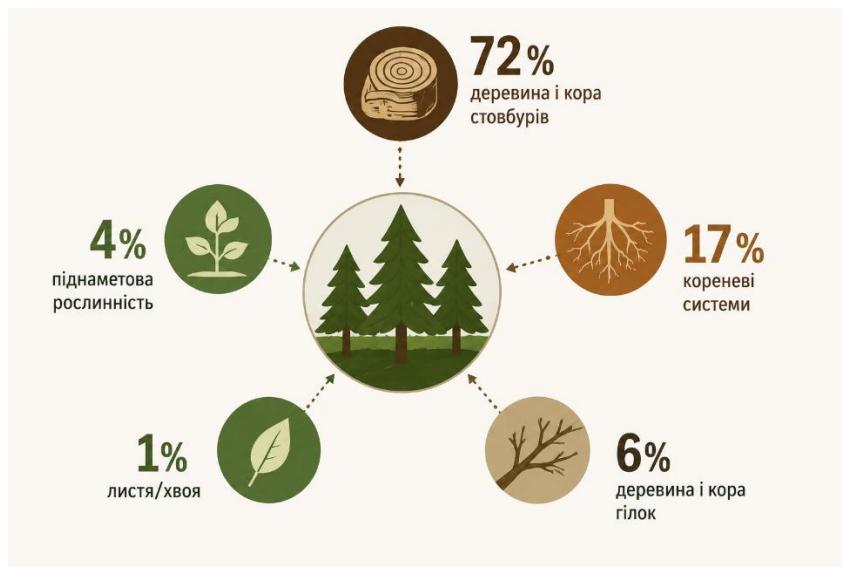


Рис. 1 – Розподіл фітомаси за основними компонентами
 Fig. 1 – Distribution of phytomass by major components

Аналіз розподілу фітомаси виявляє чітку структурну специфіку кожної групи порід (рис. 2).

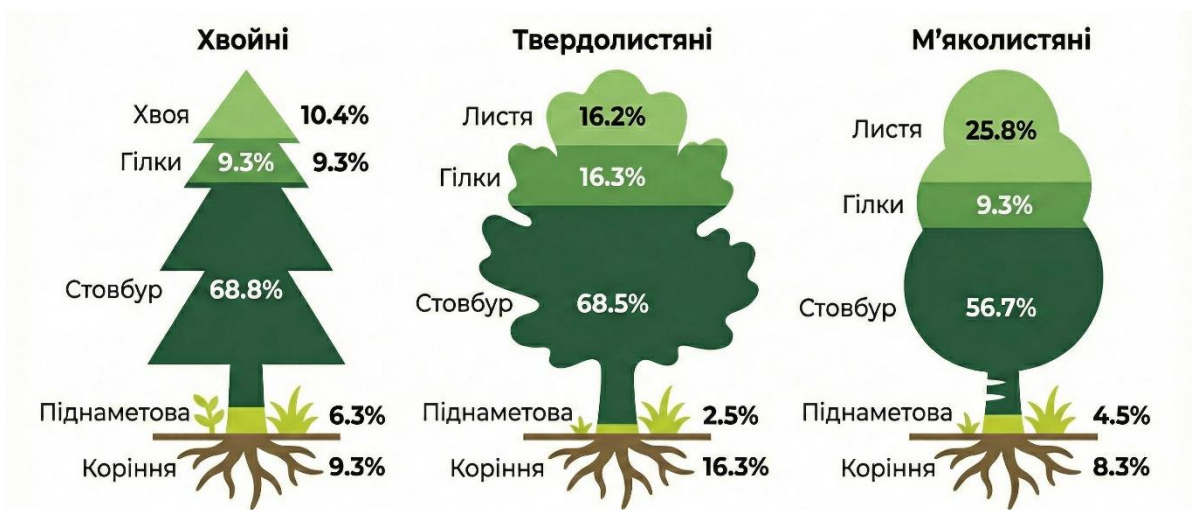


Рис. 2 – Розподіл компонентів фітомаси в межах груп лісотвірних деревних видів
 Fig. 2 – Distribution of phytomass components within groups of forest-forming tree species

Стовбурова частина домінує у хвойних (68,8 %) та твердолистяних (68,5 %), тоді як у м'яколистяних порід її частка є найменшою і становить 56,7 %. Цю меншу масу стовбура м'яколистяні види компенсують рекордним розвитком асиміляційного апарату (25,8 %), що значно перевищує показники твердолистяних (16,2 %) та хвойних (10,4 %). Водночас твердолистяні породи формують наймасивніший скелет: на їхні гілки та кореневу систему припадає по 16,3 % загальної фітомаси, тоді як в інших груп ці показники є помітно нижчими (від 8,3 % до 9,3 %). Завдяки архітектоніці крон найкращі умови для розвитку піднаметової рослинності створюються у хвойних лісах (6,3 %), дещо гірші – у м'яколистяних (4,5 %), а найменшу її частку (2,5 %) зафіксовано під щільним наметом твердолистяних дерев.

Порівняння щільності вуглецю (запасу вуглецю на одиницю площі) в насадженнях різних груп порід виявило, що найвища щільність фітомаси та вуглецю характерна для твердолистяних насаджень – $10,7 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$. Це пояснюється високою базисною щільністю деревини дуба та значною біомасою його деревостанів. Для порівняння, щільність вуглецю

у хвойних насадженнях становить $7,4 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$, а у м'яколистяних – $7,9 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$. Середньозважений показник щільності вуглецю у надлісництві становить $7,8 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$.

Отримані дані є фактологічною основою для участі України в міжнародних кліматичних угодах. Оцінка біомаси гілок та відходів (близько 6 % фітомаси) дає можливість планувати розвиток біоенергетики в регіоні, зокрема виробництво твердого біопалива.

Обговорення. Отримані результати свідчать, що ліси Полтавського надлісництва є суттєвим регіональним резервуаром органічного вуглецю. Загальна фітомаса насаджень у 15 100,59 тис. т абсолютно сухої речовини та акумульований обсяг вуглецю у 7 513,88 тис. т відповідають показникам продуктивних рівнинних лісів Лісостепової зони України. Ці дані узгоджуються з результатами досліджень вуглецевого бюджету європейських лісів за різних кліматичних сценаріїв (Pilli *et al.*, 2022), а також із загально визначеними закономірностями чутливості лісових вуглецевих запасів до умов довкілля (Besnard *et al.*, 2021). Середньозважена щільність вуглецю в надлісництві – $7,8 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ – цілком узгоджується з глобальними та європейськими оцінками для лісів помірного поясу, що підтверджує коректність застосованої методології. Зокрема, за даними фундаментального дослідження глобального вуглецевого балансу, середня щільність вуглецю в біомасі європейських лісів помірної зони становить близько $7,5\text{--}8,0 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$. Специфічні показники для хвойних насаджень ($7,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$) відповідають результатам інвентаризації вуглецевих запасів у країнах Центральної Європи. Наприклад, дослідження лісів Чехії та Польщі демонструють, що в середньовікових і пристиглих хвойних деревостанах щільність депонованого вуглецю варіює переважно в межах $7,0\text{--}9,0 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$ залежно від вікової структури та повноти. Для таксаційного оцінювання фітомаси принципово важливе значення мало використання референсних даних дистанційного зондування (Schepaschenko *et al.*, 2019), а також регіонально верифікованих алометричних рівнянь і систем конверсійних коефіцієнтів (Dubrovets and Lakyda, 2017).

Ключовим результатом дослідження є визначення достовірної відмінності між групами лісоутворювальних видів за питомою щільністю депонованого вуглецю. Твердолистяні насадження, де переважає дуб звичайний (90,7 % досліджуваної площі групи), демонструють щільність $10,7 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$, що на 44,6 % перевищує відповідний показник хвойних ($7,4 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$) та на 35,4 % – м'яколистяних ($7,9 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$) деревостанів. Це пояснюється передусім значно вищою базисною щільністю деревини дуба, порівнюючи із сосною звичайною, а також специфічною морфологією крони та розвиненою кореневою системою дубових деревостанів. Відповідні параметри щільності деревини та крон для основних лісоутворювальних видів детально охарактеризовано в дослідженнях лісів степової зони України (Sytnyk *et al.*, 2018), а на міжнародному рівні – у роботах із моделювання вертикального розподілу щільності деревини (Rekola, 2006). Вищу вуглецепоглиняльну здатність насаджень із важкою деревиною підтверджують також загальноєвропейські алометричні рівняння, які враховують вік, склад деревостану і клімат (Forrester *et al.*, 2017).

Структурний розподіл фітомаси в лісах надлісництва відповідає закономірностям, визначеним для середньовікових насаджень помірного поясу. Частка стовбурової деревини разом із корою становить 72 % загальної маси, кореневі системи акумулюють 17 %, а піднаметова рослинність – 4 %. Такі пропорції добре узгоджуються з результатами моделювання первинної продукції надземних компонентів соснових деревостанів Східного Полісся (Matushevych and Lakyda, 2021), а також із даними щодо надземної фітомаси та депонованого вуглецю в штучних насадженнях сосни (Lakyda and Shamrai, 2013) і продуктивності самосійних соснових лісів (Lakyda and Blyshchuk, 2024). Порівняно невелику частку асиміляційного апарату (1 %) можна пояснити переважанням у лісовому фонді середньовікових соснових деревостанів із відносно низькою масою хвої на тлі значного стовбурового запасу. Методологічні засади розрахунку цих компонентів, зокрема нелінійні

моделі приросту й фіксації вуглецю, докладно розглянуто в роботі (Albers *et al.*, 2019), а біометричне моделювання на основі повидільних баз даних – у дослідженні Myklush (2007).

Вікова структура лісового фонду надлісництва, де площа середньовікових і пристиглих деревостанів перевищує 65 % вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, свідчить про значний потенціал подальшого накопичення вуглецю в найближчі 15–25 років. Водночас низьку частку стиглих і перестійних насаджень (лише 10 %) можна розглядати як структурний дисбаланс, що обмежує вуглецепоглиняльну функцію лісів у довгостроковій перспективі. Аналогічну ситуацію описано в дослідженнях вуглецевого балансу лісів Українського Полісся, де порушення вікової структури внаслідок природних та антропогенних порушень знижує ефективність секвестрації вуглецю на регіональному рівні (Lakyda *et al.*, 2019). Варто також зазначити, що кліматичні екстремуми безпосередньо позначаються на зниженні приросту головних лісоутворювальних деревних видів – зокрема *Picea abies* і *Pinus sylvestris* у Центральній Європі (Trembl *et al.*, 2021), що додатково актуалізує потребу в адаптивному управлінні лісовим господарством.

Збільшення площі твердолистяних насаджень від нинішніх 10 % до 20–25 % дало б змогу суттєво підвищити вуглецепоглиняльну здатність лісового фонду. Високу вуглецепоглиняльну здатність соснових насаджень підтверджено для умов Київського Полісся (Moroz and Nykytiuk, 2019), однак твердолистяні породи є ще ефективнішими щодо того, що визначає їхню пріоритетність для планування лісовідновлення. Оцінювання біомаси гілкової маси та відходів (близько 6 % від загальної фітомаси, або 853,36 тис. т) відкриває перспективи для розвитку регіональної біоенергетики та виробництва твердого біопалива. З огляду на це, оцінювання депонувальної здатності лісів Полтавщини є необхідною умовою для розроблення стратегій адаптації до зміни клімату та ефективного управління вуглецевим балансом на регіональному рівні (Zhao *et al.*, 2025). Для реалізації окресленого потенціалу необхідне вдосконалення системи регіональних алометричних моделей (Bokoch *et al.*, 2012) та оцінювання фітомаси мішаних деревостанів (An *et al.*, 2019; Dang *et al.*, 2019).

Висновки. Сучасний стан лісових ресурсів Лівобережного Придніпровського Лісостепу свідчить про значний потенціал для росту основних деревних видів. Це доводять високі показники продуктивності насаджень: середній запас деревини сягає $218 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а щорічна зміна запасу (приріст) становить $4,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

Вікова структура з домінуванням середньовікових і пристиглих насаджень формує значний ресурсний потенціал. Загальна фітомаса насаджень досягла 15 100,59 тис. т сухої речовини, що забезпечило депонування 7 513,88 тис. т вуглецю. Основну частину фітомаси (72 %) акумулюють деревина та кора стовбурів, а найвищу щільність депонування вуглецю ($10,7 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$) мають твердолистяні породи. Це підтверджує стратегічне значення дубових деревостанів для виконання екосистемних функцій та пом'якшення наслідків кліматичних змін.

Джерела фінансування. Це дослідження не отримало жодного гранту від жодної фінансової установи в державному, комерційному або некомерційному секторах.

Декларація GAIDeT. Автори декларують використання генеративного ШІ в процесі дослідження та підготовки рукопису. Відповідно до таксономії GAIDeT (2025), наведені нижче завдання були делеговані інструментам генеративного ШІ за повного людського нагляду: візуалізація; вичитування та редагування; переклад. Використаний інструмент генеративного ШІ: Gemini, безкоштовна версія. Повну відповідальність за фінальний рукопис несуть автори. Інструменти генеративного ШІ не зазначаються як автори та не несуть відповідальності за кінцеві результати. Декларацію подав: Хрик Василь Михайлович.

Додаткова примітка: Після повного завершення статті використовували Gemini для перевірки на наявність стилістичних, орфографічних та пунктуаційних помилок, а також для візуалізації (створення) рисунків.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Albers, A., Collet, P., Benoist, A. and Hélias, A. (2019) 'Data and non-linear models for the estimation of biomass growth and carbon fixation in managed forests', *Data in Brief*, 23, 103841. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.103841>
- An, X., Wen, Y., Zhang, Y. and Xu, S. (2019) 'Evaluation of the forestry and environmental conservation policies in Western China with multi-output regression method', *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, pp. 239–246. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.035>
- Besnard, S., Santoro, M., Cartus, O., Fan, N., Linscheid, N., Nair, R. and Carvalhais, N. (2021) 'Global sensitivities of forest carbon changes to environmental conditions', *Global Change Biology*, 27(24), pp. 6467–6483. <https://doi.org/10.1111/gcb.15877>
- Bokoch, V.V., Lakyda, P.I., Vasylyshyn, R.D. and Terentiev, A.Yu. (2012) 'Modeling indicators of stands phytomass components of the Carpathian NNP', *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine. Series: Forestry and Decorative Gardening*, 171(2), pp. 18–25 (in Ukrainian).
- Buksha, I.F., Shvydenko, A.Z., Bondaruk, M.A., Tselyshev, O.G., Pyvovar, T.S., Buksha, M.I., Pasternak, V.P. and Krakovska, S.V. (2017) 'Methodology of modeling and evaluation of the impact of climate change on forest phytocenoses of Ukraine', *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 266, pp. 26–38 (in Ukrainian).
- Dang, A.T.N., Nandy, S., Srinet, R., Luong, N. V., Ghosh, S. and Senthil Kumar, A. (2019) 'Forest aboveground biomass estimation using machine learning regression algorithm in Yok Don National Park, Vietnam', *Ecological Informatics*, 50, pp. 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.12.010>
- Dubrovets, B.V. and Lakyda, P.I. (2017) 'The models of conversion coefficients of tree stands phytomass components of National Natural Park Holosiivskyi', *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine. Series: Forestry and Decorative Gardening*, 278, pp. 48–57 (in Ukrainian).
- Forrester, D., Tachauer, E., Annighoefer, P., Barbeito, I., Pretzsch, H., Ruiz-Peinado, R., Stark, H., Vacchiano, G., Zlatanov, T., Chakraborty, T., Saha, S. and Sileshi, G., (2017) 'Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate', *Forest Ecology and Management*, 396, pp. 160–175. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.011>
- Kovalevskyi, S.S. (2015) 'Phytomass and carbon, their dynamics in the forests of the Forest-Steppe Dnieper Upland', *Forestry and Landscape Gardening*, 8. Available at: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/uk/article/view/9011> (Accessed: 10 March 2026) (in Ukrainian).
- Lakyda, P. and Blyshchyk, V. (2024) 'Productivity and ecological functions of self-seeding pine forests of Ukrainian Polissya', *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 27, pp. 129–138 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/412420>
- Lakyda, P.I. and Shamrai, A.Ye. (2013) 'Above-ground biomass and deposited carbon of Scots pine trees in artificial stands of Cherkasy Bor', *Scientific Bulletin of UNFU*, 23.1, pp. 8–13 (in Ukrainian).
- Lakyda, P., Shvidenko, A., Bilous, A., Myroniuk, V., Matsala, M., Zibtsev, S. and Kraxner, F. (2019) 'Impact of disturbances on the carbon cycle of forest ecosystems in Ukrainian Polissya', *Forests*, 10(4), 337. <https://doi.org/10.3390/f10040337>
- Matushevych, L. and Lakyda, P. (2021) 'Modeling of the aboveground part of Scots pine trees components primary productions at the Eastern Polissya of Ukraine', *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 22, pp. 141–155 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/412112>
- Moroz, V.V. and Nykytiuk, Yu.A. (2019) 'Carbon absorption ability of pine forest plantations in Kyiv Polissya', *Plant Protection and Quarantine*, 65, pp. 133–148 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2019.65.133-148>
- Myklush, S.I. (2007) 'Plantation growth modeling based on materials from the separate database', *Scientific Bulletin of NAU*, 106, pp. 191–200 (in Ukrainian).
- Pilli, R., Alkama, R., Cescatti, A., Kurz, W. A. and Grassi, G. (2022) 'The European forest carbon budget under future climate conditions and current management practices', *Biogeosciences*, 19(13), pp. 3263–3284. <https://doi.org/10.5194/bg-19-3263-2022>
- Repola, J. (2006) 'Models for vertical wood density of Scots pine, Norway spruce and birch stems, and their application to determine average wood density', *Silva Fennica*, 40(4), 322. <https://doi.org/10.14214/sf.322>
- Schepaschenko, D., Chave, J., Phillips, O.L., Lewis, S.L., Davies, S.J., Réjou-Méchain, M. and Sist, P. (2019) 'The Forest Observation System, building a global reference dataset for remote sensing of forest biomass', *Scientific Data*, 6(1), 198. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0196-1>
- Sytnyk, S., Lovynska, V., Lakyda, P. and Maslikova, K. (2018) 'Basic density and crown parameters of forest forming species within Steppe zone in Ukraine', *Folia Oecologica*, 45, pp. 82–91. <https://doi.org/10.2478/foecol-2018-0009>
- Trembl, V., Mašek, J., Tumajer, J., Rydval, M., Čada, V., Ledvinka, O. and Svoboda, M. (2021) 'Trends in climatically driven extreme growth reductions of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Central Europe', *Global Change Biology*, 28(2), pp. 557–570. <https://doi.org/10.1111/gcb.15922>
- Zhao, J., Fu, X., Sa, N., Kou, X., He, X., Zheng, S., Lu, Z., Wu, G. and Sang, W. (2025) 'Forest eco-function restoration and its positive effects on biodiversity improvement in China's ecological conservation programs', *Ecological Engineering*, 212, 107530. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107530>

PHYTOMASS AND SEQUESTERED CARBON IN THE FORESTS OF THE POLTAVSKE FORESTRY MANAGEMENT UNIT

Kovalevskyi S. S.¹, Khryk V. M.^{2*}

It was evaluated that the total biomass of the forest stands in the Poltavske Forestry Management Unit, Branch “Slobozhanskyi Forest Office”, State Specialized Forest Enterprise “Forests of Ukraine” was 15,100.59 thousand tonnes of absolutely dry matter. This volume of organic mass ensures the accumulation of 7,513.88 thousand tonnes of carbon. It was revealed that although coniferous species dominate the enterprise’s forest fund (74 % of the area), the highest specific density of sequestered carbon was recorded in hardwood stands – 10.7 kg·m⁻². In the structural distribution of phytomass, the absolute majority falls on the wood and bark of the trunks (72 %). Root systems accumulate about 17 % of carbon, the crown (branches and assimilation apparatus) – 7 %, and understory vegetation – 4 %. The analysis of the age structure of forests showed a significant predominance of middle-aged and maturing stands (over 65 %), which indicates a high potential for carbon dioxide absorption in the coming years, but requires optimization to ensure uniform forest use. The obtained results have significant practical value for improving the national greenhouse gas inventory system, spatial planning of forestry activities, and the development of bioenergy in the region.

К е у w o r d s : forest ecosystems, bioproductivity, carbon cycle.

Дата надходження рукопису 20.04.2026

Дата прийняття до друку 15.05.2026

Дата публікації 29.05.2026

¹ Kovalevskyi Serhii, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Horekhivatskyi Shliakh Street, Kyiv, 03041, Ukraine. E-mail: kovalevskyis.s@nubip.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8185-2058>

² Khryk Vasyl, Dr. habil. (Pedagogical Sciences), Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, 8/1 Soborna Square, Bila Tserkva, 09117, Kyiv Region, Ukraine. E-mail: hvm2020@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1912-3476>

* Correspondence: hvm2020@ukr.net