

## КЛІМАТОСТАБІЛІЗУВАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ ЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ЛІНІЙНОГО ТИПУ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

В.В. Мороз

Західноукраїнський національний університет (м. Тернопіль, Україна)  
e-mail: [viramoroz001@gmail.com](mailto:viramoroz001@gmail.com); ORCID: 0000-0002-1258-1530

Питання обліку поглинання парникових газів, зокрема  $CO_2$ , є важливим питанням сьогодення і потребує ретельного вивчення, враховуючи різноманітні аспекти. Оцінено закономірності вуглецедепонуальної здатності деревини дубових лінійних насаджень у складі полезахисних лісових смугах Житомирського Полісся. Розраховано та проаналізовано низку математичних залежностей для визначення біопродуктивності дубових насаджень та вуглецепоглиальної здатності в Житомирському Поліссі. Встановлено рівень кліматостабілізуючої здатності дубових полезахисних лісових смуг в агроландшафтах Житомирського Полісся, а саме за розрахунком значення конверсійного коефіцієнта вуглецепоглиальної здатності. З'ясовано основні параметри ґрунтово-кліматичних умов зростання *Quercus robur* L. та їх вплив на об'єм сформованої фітомаси деревини. В результаті проведених комплексних досліджень було виявлено дві вікові категорії дубових полезахисних насаджень, а саме насаджень 35–40 років (середньовікові) та 60–71 років (присигаючі). Визначено, що за умови збільшення діаметра дерева всього на 1,94% і висоти на 1,0%, зростання фітомаси деревини дуба звичайного спостерігається в значних межах. Встановлено, що загальна фітомаса *Quercus robur* L. у полезахисних лісових насадженнях сягає 157,7–275,9 кг. За розрахованим значенням конверсійного коефіцієнта деревини виявлено, що навіть враховуючи лише вуглецепоглиальну здатність дубових полезахисних смуг, простежується зниження викидів  $CO_2$  в атмосферне повітря в Житомирському Поліссі щороку на 5%. Під час математичного моделювання за допомогою кореляційного та регресійного аналізу отримане рівняння конверсійного коефіцієнта деревини та визначено вуглецепоглиальну здатність деревних насаджень *Quercus robur* L. характеризується досить високим значенням детермінації. Вперше запропоновано рівняння залежності розвитку *Quercus robur* L. за лісогосподарськими параметрами з урахуванням параметрів вікової структури та фітомаси деревини. Створено рівняння фітомаси в абсолютно сухому стані для фракцій дерев (на прикладі деревини), а також зазначено рівень вуглецепоглиальної здатності дубових насаджень у різних лісогосподарських округах в умовах Житомирського Полісся.

**Ключові слова:** викиди  $CO_2$ , вуглецепоглиальна здатність, конверсійний коефіцієнт, агроландшафт.

### ВСТУП

Управління лісовими деревними насадженнями передбачає не лише застосування продукції лісу, але й створення умов збереження їх оптимальної продуктивності, посилення якісних екологічних функцій, а також покращання естетичних та рекреаційних цінностей. Лісові насадження є надійним стабілізатором навколишнього природного середовища в агроландшафтах, які мають здатність тривалий час депонувати вуглець з атмосфери у власній фітомасі та

генерувати кисень, що сприяє частковому запобіганню глобальних змін клімату.

Наразі досить багато уваги спрямовано на вдосконалення методів обліку і вивчення важливих екологічних функцій лісових деревних насаджень, проте мало зусиль зосереджено на вивченні полезахисних лісових смуг, зокрема дубових, що є одним з основних невід'ємних елементів структури аграрних ландшафтів. Визначення основних кліматостабілізуючих функцій полезахисних лісових насаджень *Quercus robur* L. в умовах Житомирського

Полісся поліпшить систему обліку даних насаджень та окреслить їх основні функціональні та екологічні ролі.

Отже, питання моніторингу облікових процесів поглинання парникових газів, оцінка рівня киснетвірної здатності та показник енергетичної ефективності росту дубових полезахисних лісосмуг Житомирського Полісся, є нині актуальним завданням, що потребує вивчення за допомогою сучасних лісівничо-таксаційних методів.

*Об'єкт дослідження* — закономірності вуглецедепонування, киснепродуктивної здатності та енергетичної ефективності росту дубових лінійних полезахисних насаджень Житомирського Полісся.

*Предмет дослідження* — методи і засоби депонування вуглецю, продукування кисню та енергетична ефективність росту дубових полезахисних лісосмуг у Житомирському Поліссі.

**Мета роботи** — встановлення клімато-стабілізувальної здатності дубових полезахисних лісових смуг в агроландшафтах Житомирського Полісся, а саме в оцінці запасів вуглецю.

Для досягнення зазначеної мети окреслено такі основні завдання дослідження: зазначити вікову належність лінійних захисних лісосмуг; встановити залежність від ґрунтово-кліматичних чинників середовища існування деревних насаджень; визначити запас вуглецю в фітомасі різновікових дубових лісосмуг; проаналізувати нормативно-інформаційні матеріали щодо оцінки екологічних функцій смугових насаджень.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Захисні лісові насадження є ефективним довгостроковим засобом боротьби з ерозією ґрунтів та універсальним екологічним стабілізатором навколишнього природного середовища [1].

Численними дослідженнями встановлено [2–6], що лісосмуги впливають на температуру приземного шару повітря, зменшують її влітку і підвищують взимку на 1–6°C, збільшують вологість повітря

на 2–3, а інколи на 10–12%, знижують фізичне випаровування з поверхні ґрунту на 30–40 і рослин на 20%, а на транспірацію 14%.

У працях багатьох дослідників [2; 3; 6–10] наведені теоретичні засади та напрацьований практичний та аналітичний матеріал щодо екологічної і функціональної ролі полезахисних смуг.

Полезахисне лісорозведення передбачає поліпшення ґрунтово-кліматичних умов для вирощування сільськогосподарських культур і захисту ґрунтів від ерозії в степових і лісостепових районах [6; 9–12].

Лісосмуги сприяють одержанню високих і сталих урожаїв навіть у несприятливій за погодно-кліматичними умовами роки [1; 13]. У разі тривалої дії лісових смуг (30–50 років і більше) в умовах чорноземного Степу інтегральне покращання ґрунту становить близько 25%, а на польових угіддях урожайність сільськогосподарських культур підвищується на 10–20%. Під впливом лісосмуг значно покращується ефективність агротехнічних заходів, зокрема і безвідвального обробітку ґрунту із збереженням стерні.

Науковцями Шевчук Н.І., Берташ Б.М., Микитин Т.М., Пастернак В.П. та ін. [1; 14; 15] визначено, що зі збільшенням полезахисних смуг до 3% їх агрокліматичний вплив сприяє підвищенню врожаю: по зернових культурах — 4,6 ц/га (32,8%), по соняшнику — 3,3 ц/га (40,4%), по кукурудзі на силос — 48 ц/га (64,7%).

За дослідженнями науковців в Україні рівень забруднення повітря у системі полезахисних лісових насаджень знижується на 7–35%, 1 га лісонасаджень за один рік очищує 50–70 т повітря від пилу, зменшуючи їх концентрацію на 30–40% [2; 3; 5; 8; 16; 17].

З огляду на обов'язки, які на сьогодні є перед Україною щодо Паризької угоди, є нагальна необхідність у проведенні регулярного обліку обсягу поглинання вуглецю та подальшого удосконалення методичних підходів щодо оцінки показників кліматостабілізаційної здатності деревних

насаджень [13]. Звісно, що зростання продуктивних площ під лісами сприяло б процесам уповільнення накопичення вуглецю, оскільки деревні лісові насадження є основним наземним поглиначем вуглекислого газу [2; 16]. Збільшення площ деревних насаджень і підвищення рівня їх продуктивності за умов раціонального ведення лісового господарства сприяло б загалом покращанню клімату на планеті.

За сучасних методик досліджень такими науковцями, як Гітарський М.Л., Іванов А.В., Краснов В.П., Шелест З.М., Давидов І.В. та ін. [2–6; 9; 16] визначено рівні вуглецепоглиняльної та киснетвірної здатності ялини європейської у віці 70 років на площі 1 га в Українських Карпатах, проте відсутні роботи щодо інших деревних порід та за інших ґрунтово-кліматичних умов.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати таку наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

*Наукова новизна отриманих результатів дослідження* — вперше за лісогосподарськими параметрами запропоновано рівняння залежності розвитку *Quercus robur* L. з урахуванням параметрів вікової структури та фітомаси деревини. Створено рівняння фітомаси в абсолютно сухому стані для фракцій дерев (на прикладі деревини), встановлено рівень вуглецепоглиняльної здатності дубових насаджень у різних лісогосподарських округах в умовах Житомирського Полісся.

*Практична значущість результатів дослідження* — одержане емпіричне рівняння рекомендовано для впровадження у ДП «Житомирське лісове господарство» з метою моніторингу кліматостабілізуючої здатності дубових насаджень.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під час планування експерименту використано методику наукових досліджень, яка базується на зборі досліджуваного матеріалу, його статистичній обробці з використанням середньоарифметичних величин та на методах аналізу і синтезу [18–21].

Польовий збір матеріалу містить таксацію модельних дерев і обробку дослідного матеріалу. Камеральне опрацювання зібраних емпіричних даних здійснено за допомогою систематизації, лісівничо-таксаційних методів, математичного моделювання біометричних показників, моделювання залежностей між таксаційними величинами та показниками фітомаси модельних дерев у насадженні [22–23].

За даними декількох модельних дерев охарактеризували сукупність усіх дерев на пробній площі, а за даними низки пробних площ — визначили сукупність однорідних насаджень.

28 пробних площ закладалися у 2016–2021 рр. у дубових полезахисних лісосмугах Житомирського Полісся, які розташовані поблизу населених пунктів с. Василівка, с. Рудківка, с. Садки, с. Березівка, с. Вільськ, с. Новопись, с. Ксаверівка, с. Ялинівка, с. Івановичі, с. Піщанка, с. Іванівка, с. Левків, с. Клітчин, с. Калинівка, с. Глибочиця, с. Гадзинка, с. Городище, с. Пилипівка, с. Соснівка.

У ході проведення польових досліджень подеревного обліку використано висотомір ІУ1М, мірну вилку алюмінієву Haglof (Швеція). Для встановлення мікроклімату на дослідних об'єктах застосовано багатфункціональний прилад FLO 89000 (Польща), Люксметр GM 1030.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Було визначено основні ґрунтово-кліматичні показники і встановлено, що на більшості тимчасових пробних площ кислотність ґрунту становила рН=7,0 (нейтральне). Температура повітря під лісозахисними смугами була на 2°C нижчою, ніж в агроєкосистемах (полі), а температура ґрунту меншою на 8°C, ніж у агроєкосистемах. Вологість ґрунту була ідентичною.

На 28-ми закладених пробних площах здійснено детальний аналіз біометричних показників та виявлено, що діаметр дерев становив від 14,0–36,3 см, висота 14,0–26,0 м, вік дерев сягав від 25 до 71 років, бонітет насадження Іа, І, ІІ, ІІІ класів (табл. 1).

Таблиця 1. Лісівничо-таксаційна характеристика пробних площ

№ з/п	Склад насадження	Вік, років	Середні показники		Запас стовбурів, м <sup>3</sup> ×га <sup>-1</sup>	Бонітет	Кількість рядів в смузі	Тип ґрунту
			висота, м	діаметр, см				
1	5Дз5Бп	65	16,8	23,9	335	II	2	дерново-підзол.
2	4Дз3Бп3Ос	68	17,3	24,9	144	II	3	дерново-підзол.
3	10Дз	67	20,0	28,4	122	I	5	дерново-підзол.
4	10Дз	67	20,3	29	374	I	3	дерново-підзол.
5	10Дз	70	17,3	24,9	387	II	3	дерново-підзол.
6	10Дз	70	17,1	24,5	306	II	12	дерново-підзол.
7	10Дз	55	18,6	25,6	296	I	10	дерново-підзол.
8	10Дз	50	17,3	26,3	339	I	6	дерново-підзол.
9	10Дз	65	16,8	23,8	312	II	12	дерново-підзол.
10	10Дз	60	19,4	27,1	294	I	3	дерново-підзол.
11	10Дз+Сз+Бп	70	17,3	24,9	358	II	3	дерново-підзол.
12	10Дз+Бп	58	19,0	26,4	306	I	3	дерново-підзол.
13	10Дз	70	17,2	24,7	358	II	3	дерново-підзол.
14	10Дз+Сз	58	18,8	26,1	304	I	3	дерново-підзол.
15	10Дз	58	19,1	27,1	352	I	3	дерново-підзол.
16	10Дз+Бп	64	16,6	23,8	360	II	3	дерново-слабо підзолистий
17	10Дз	60	19,4	27,1	292	I	3	дерново-підзол.
18	10Дз	60	19,3	26,9	358	I	3	дерново-підзол.
19	10Дз	35	14,0	18,3	352	I	4	дерново-підзол.
20	10Дз	35	13,9	18,1	240	I	3	дерново-підзол.
21	10Дз	40	15,2	21,1	232	I	3	дерново-підзол.
22	10Дз	45	16,4	23,7	267	I	3	дерново-підзол.
23	10Дз	68	17,1	24,4	291	II	3	дерново-підзол.
24	10Дз	55	18,6	25,6	306	I	3	дерново-підзол.
25	10Дз	60	16,3	22,7	339	II	3	дерново-підзол.
26	10Дз	60	16,1	23,0	280	II	3	дерново-підзол.
27	7Дз1Вз1Яс1Лп	65	16,9	24,1	280	II	3	дерново-підзол.
28	7Дз3Лп+Вз+Вл	65	16,7	23,8	208	II	3	дерново-підзол.

Під час досліджень було визначено, що дубові полезахисні насадження в зоні представлені за двома віковими категоріями: пристигаючі 60–71 років, середньовікові – 35–40 років.

Розрахунковим методом було встановлено об'єм стовбурів дерев, площа поперечного

перерізу стовбура, коефіцієнт повнодеревності стовбура, відсоток об'єму кори, фітомасу деревини (md), кори (mk), крони (mkr) в абсолютному сухому стані. На основі отриманих даних окреслені кореляційні залежності між основними таксаційними показниками і фракціями фітомаси (табл. 2).

Таблиця 2. Коефіцієнти кореляції між таксаційними показниками стовбура дуба і компонентами фітомаси

Показники	$m_d$ , кг	$m_k$ , кг	$m_{kr}$ , кг	$h$ (висота), м	$d$ (діаметр), см	$A$ (вік), роки
$m_d$ , кг	1,0	—	—	—	—	—
$m_k$ , кг	0,999	1,0	—	—	—	—
$m_{kr}$ , кг	0,985	0,978	1,0	—	—	—
$h$ (висота), м	0,926	0,938	0,849	1,0	—	—
$d$ (діаметр), см	0,970	0,971	0,966	0,866	1,0	—
$A$ (вік), роки	0,676	0,686	0,631	0,689	0,704	1,0

За отриманими коефіцієнтами кореляції спостерігається тісний взаємозв'язок між фракціями фітомаси та висотою й діаметром, за віком і фітомасою взаємозв'язок є вищим за середній.

Згідно з проведеними статистичними аналізами, досліджено однорідність вибірки за висотою, діаметром та віком насадження. Помірна асиметрія простежується за фітомасою деревини та кори. Асиметрія лівостороння за параметрами діаметра та віку. Нормальний гостровершинний розподіл характеризувався за всіма показниками (табл. 3).

Отримані результати дають змогу для подальшого аналізу та побудови рівнянь регресії між фітомасою дерева та біометричними показниками — висота, діаметр.

Для одержання степеневих залежностей фітомаси від діаметра та висоти дерева, прологарифмовано всі показники, і за допомогою пакета аналізу Microsoft Excel здійснено пошук рівнянь. Результати аналізу представлено у табл. 4.

Повертаємось до початкової функції показник  $Y$ , та одержуємо:

$$\ln 10(-1,6) = 2,45 \cdot 10^{-2}.$$

Моделювання рівняння здійснено за рівнянням множинної статистичної алометрії:

$$m_d = 2,45 \cdot 10^{-2} \cdot d^{1,94} \cdot h^{1,0},$$

де  $m_d$  — фітомаса деревини дуба в абсолютному сухому стані, кг;  $d$  — діаметр дерева, см;  $h$  — висота дерева, м.

Міра визначеності становить 0,999, що свідчить про достатню апроксимацію отриманого степеневого рівняння з вихідними

Таблиця 3. Статистичні характеристики таксаційних показників і компонентів надземної фітомаси дерев дуба в абсолютно сухому стані

Показники	Показники дерева					
	$m_d$ , кг	$m_k$ , кг	$m_{kr}$ , кг	$h$ (висота), м	$d_{1,3}$ (діаметр на висоті 1,3 м), см	$A$ (вік), роки
$X_{cp}$ (середнє арифметичне значення)	288,5	44,5	89,5	18,6	26,9	60,6
min (мінімум)	66,4	12,6	11,3	13,9	15,0	25,0
max (максимум)	592,9	84,4	229,5	26,0	36,3	87,0
$D$ (дисперсія)	13364,6	254,1	1880,2	6,2	18,7	129,2
$\sigma$ (стандартне відхилення)	115,6	15,9	45,4	2,5	4,3	11,4
$A$ (коефіцієнт асиметрії)	0,3	0,2	0,6	0,3	-0,4	-0,9
$E$ (експес)	-0,3	-0,4	0,4	0,5	-0,2	0,8
$V$ (коефіцієнт варіації), %	40	36	51	13	16	19

Таблиця 4. Показники регресійної статистики та дисперсного аналізу деревини *Quercus robur* L. у лісосмугах Житомирського Полісся

Регресійна статистика

Множинний $R$	0,999
Коефіцієнт детермінації $R^2$	0,999
Нормований $R^2$	0,999
Стандартна:	
помилка	0,001
спостереження	86

Дисперсійний аналіз

Показники	$df$ (кількість ступенів свободи)	$SS$ (сума квадратів відхилень)	$MS$ (оцінка дисперсії)	$F$	Значимість $F$
Регресія	2,0	3,3	1,7	$3,6 \times 10^6$	$1,0 \times 10^{-205}$
Залишок	83,0	$4,0 \times 10^{-5}$	$4,6 \times 10^{-7}$		
Разом	85,0	3,3			

Показники	Коефіцієнти	Стандартна помилка	$t$ -статистика	$P$ -значення	Нижнє 95%	Верхнє 95%	
У-перетин	$\ln_{10}(y)$	-1,6	$1,6 \times 10^{-3}$	-1007,4	$2,1 \times 10^{-171}$	-1,6	-1,6
Мінлива	$x_1$	1,0	$2,2 \times 10^{-3}$	357,0	$2,2 \times 10^{-166}$	1,9	1,9
Мінлива	$x_2$	1,9	$2,8 \times 10^{-3}$	876,5	$4,9 \times 10^{-134}$	1,0	1,0

показниками. Множинний  $R$  є достатньо високим і дорівнює 0,999.

За отриманими рівняннями побудовано графік залежності (рис. 1).

Встановлення кількості поглинутого вуглецю дубовими позахисними лісосмугами полягало у визначенні частки вуглецю у фітомасі в абсолютно сухому стані. За

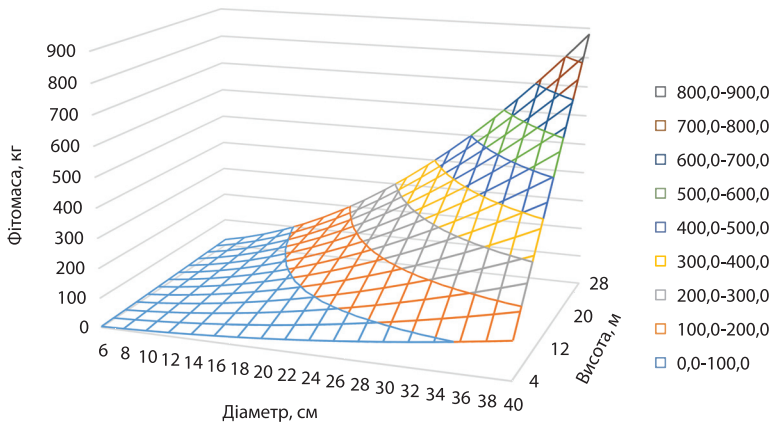
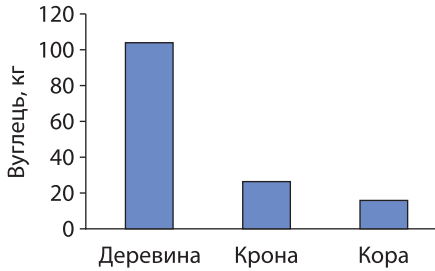
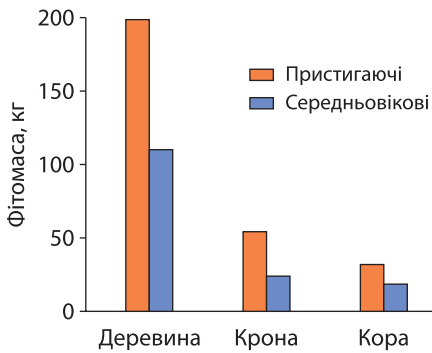


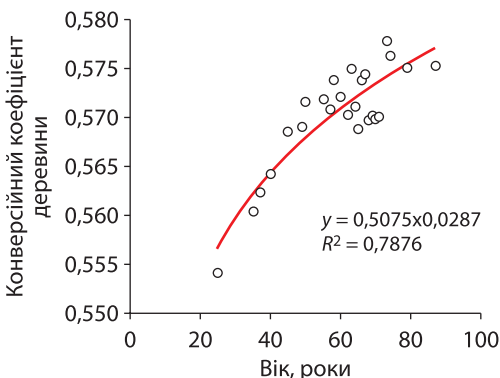
Рис. 1. Фітомаса деревини дуба звичайного в абсолютно сухому стані залежно від висоти і діаметра



**Рис. 2.** Кількість поглинутого вуглецю дубовими насадженнями у полезахисних лісових смугах



**Рис. 3.** Накопичення фітомаси різновіковими деревами



**Рис. 4.** Конверсійний коефіцієнт деревини *Quercus robur* L. у лісосмугах Житомирського Полісся

методикою IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015) така частка становить 50% від фітомаси фракцій в абсолютно сухому стані. За методикою G. Matthews (1993) для листків така частка сягає 45%. Кількісні показники поглинутого вуглецю дубовими насадженнями у лісосмугах при  $d=24$  см,  $h=18$  м у зоні Житомирського Полісся представлені на *рис. 2*.

На закладених пробних площах переважна більшість полезахисних лісових смуг показана середньовіковими та пристигаючими дубовими насадженнями, за одержаними математичними моделями встановлено кількість накопиченої фітомаси за окремими фракціями дерева (*рис. 3*).

Вік середньовікових дубових лінійних насаджень на пробних площах становить 37 років, діаметр таких насаджень 19,3 см, а висота 14,7 м, середній вік пристигаючих — 65 років, діаметр — 23,8 см та висота — 16,7 м.

Найшвидшим способом встановлення біопродуктивності деревних насаджень є використання у розрахунках конверсійних коефіцієнтів, які визначаються за формулою Ф. Флурі. Нами здійснені розрахунки і побудований графік залежності віку дерев і конверсійного коефіцієнта (*рис. 4*).

За одержаним конверсійним коефіцієнтом зображеним на графіку (див. *рис. 4*) встановлено, що завдяки вуглецепоглиняльній здатності дубових полезахисних смуг, щороку викиди  $CO_2$  у навколишнє середовище в Житомирському Поліссі знижуються на 5%. Отримане рівняння конверсійного коефіцієнта має достатньо високий показник детермінації.

## ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень було визначено основні ґрунтово-кліматичні показники, які на більшості тимчасових пробних площ характеризувалися  $pH=7,0$  (нейтральне), рівень температури атмосферного повітря під лісозахисними смугами був нижчим на  $2^\circ C$ , ніж в агроекосистемах (полі), а значення температури ґрунту нижчим на  $8^\circ C$ , ніж у досліджу-

ваних агроєкосистемах. Вологість ґрунту була ідентичною.

Досліджено біометричні показники дубових насаджень на 28-ми закладених пробних площах та виявлено: вік дерев — 25–71 років, діаметр — 14,0–36,3 см, висота — 14,0–26,0 м, бонітет деревних насаджень Іа, І, ІІ, ІІІ класів. З'ясовано, що за віковою структурою, деревні насадження представлені пристигаючими (60–71 років) та середньовіковими (35–40 років) варіантами.

Розрахунковим методом було встановлено площа поперечного перерізу стовбура, відсток об'єму кори, об'єм стовбурів деревних насаджень, коефіцієнт повнодеревності стовбура, фітомасу деревини ( $m_d$ ), кори ( $m_k$ ), крони ( $m_{kr}$ ) в абсолютно сухому стані. На основі отриманих даних визначені кореляційні залежності між основними таксаційними показниками і фітомасою деревини.

Згідно з проведеними статистичними аналізами, спостерігається однорідність

вибірки за висотою, діаметром та віком насадження.

Одержані результати дають змогу для подальшого аналізу й побудови рівнянь регресії між фітомасою дерева та біометричними показниками — висота, діаметр.

Виявлено, що збільшення діаметра дерева на 1,94% і висоти на 1,0%, має безпосередній вплив на зростання фітомаси деревини дуба звичайного. Встановлено, що загальна фітомаса дуба в лінійних насадженнях становить для середньовікового дерева — 157,7 кг, для пристигаючого — 275,9 кг.

За визначеним показником конверсійного коефіцієнта вуглецепоглиняльної здатності полезахисних смуг дубових насаджень щороку знижуються на 5% викиди  $\text{CO}_2$  в атмосферне повітря в зоні Житомирського Полісся. Одержане рівняння конверсійного коефіцієнта, з досить високим показником детермінації, надає змогу використовувати отриману залежність у подальших розрахунках.

## ЛІТЕРАТУРА

- Шевчук Н.І. Екологічні функції лісових насаджень Хмельницької області. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.7. С. 252–256.
- Gitariskiy M.L. Carbon flux from deadwood in the southern taiga forests of the Valdai Upland. *Ekologiya*. 2017. № 6. Р. 447–453. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059717060063>.
- Ivanov A.V. Carbon emission from the surface of deadwood in the cedar forests of the Southern Primorye. *Ekologiya*. 2018. № 4. Р. 275–281. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059718040042>.
- Краснов В.П., Шелест З.М., Давидов І.В. Фітоєкологія з основами лісового господарства: навч. посіб. Суми, 2012. 415 с.
- Лакида П.І. Динаміка запасів вуглецю в лісах України. *Проблеми лісознавства і лісівництва*: зб. наук. пр. Гомель, 2001. С. 86–90.
- Moroz V.V. and Nykytyuk Yu.A. Carbon absorption ability of pine forest plantations in Volyn Polissya. *Scientific horizons*. 2020. № 1 (86). Р. 61–70. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-86-1-61-70>.
- Алексюк І.Л., Лакида П.І., Терентьев А.Ю. Особливості змін таксаційних показників соснових деревостанів природного походження в Поліссі України залежно від їх складу. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісове і садово-паркове господарство*. 2013. № 187 (2). С. 9–15.
- Дідух Ю.П. Екологічні аспекти глобальної зміни клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник Національної академії наук України*. 2009. № 2. С. 34–44.
- Ловинська В.М. Надземна фітомаса стовбурів *Pinus sylvestris* L. у деревостанах Північного Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. № 28 (8). С. 79–82. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3\(99\)-12](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12).
- Мороз В.В., Никитюк Ю.А. Вуглецепоглиняльна здатність соснових лісових насаджень Чернігівського Полісся. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 1. С. 90–99. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.10>.
- Moroz V.V. and Nykytyuk Yu.A. Carbon absorption ability of pine forest plantations in Zhytomyr Polissya. *Irrigated agriculture. Interdepartmental thematic scientific collection*. 2020. № 73. Р. 43–50. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.13>.
- Ситник С.А. Моделювання компонентів фітомаси стовбурів деревостанів робінії північного Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. № 29 (3). С. 48–51. DOI: <https://doi.org/10.15421/40290310>.
- Мороз В.В., Стасюк Н.М., Федонюк Т.П. Особливості росту, розвитку та кліматостабілізаційне значення ялинових насаджень в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. № 5. С. 36–41. DOI: <https://doi.org/10.36930/40310505>.



14. Берташ Б.М., Галуха В.Л., Микитин Т.М. Все про біомасу. Рівне: Рівненський центр маркетингових досліджень, 2011. 36 с.
15. Букша І.Ф., Бутрим О.В., Пастернак В.П. Інвентаризація парникових газів у секторі землекористування та лісового господарства. Харків: ХНАУ, 2008. 232 с.
16. Мороз В.В., Стасюк Н.М., Тимошенко Л.М. Особливості росту, розвитку та кліматостабілізації ялицевих насаджень в Українських Карпатах. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 3. С. 68–77. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2021.247139>.
17. Voron V.P. Scientific basis of diagnostics of anthropogenic damage to forest ecosystems. *Forest Journal*. 2011. № 1. P. 24–28.
18. Касаткін А.С., Жанабаєва А.С., Акімов Р.Ю. Надземна фітомаса та кваліметрія деяких деревних видів *Sitote Alinia*. *Екологічний потенціал*. 2015. № 1 (9). С. 41–50.
19. Кашпор С.М., Строчинський А.А. Лісівничий довідник. Київ: Видавничий дім Винниченка, 2013. 496 с.
20. Краснов В.П., Ткачук В.І., Орлов О.О. Довідник спеціаліста лісового господарства. Новоград-Волинський, 2013. 436 с.
21. Ловинська В.М. (2018). Локальна щільність компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) Північного Степу України. *Вісник аграрних наук Причорномор'я*. 2018. № 3. С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280816>.
22. Неретін С.Д., Чигляєв І.Ф., Заремський А.Д. Інструкція з організації лісового фонду України. Польові роботи. Ірпінь, 2006. 75 с.
23. Швиденко А., Лакіда П., Шепаченко Д. Вуглець, клімат та управління земельними ресурсами в Україні: лісовий сектор. Корсунь-Шевченківський, 2014. 283 с.

## REFERENCES

1. Shevchuk, N.I. (2016). Ekolohichni funktsiyi lisovykh nasadzhzen' Khmel'nyts'koyi oblasti [Ecological functions of forest ranges in Khmelnytsky region]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of UNFU*, 26, 252–256 [in Ukrainian].
2. Gitarskiy, M.L. (2017). Carbon flux from deadwood in the southern taiga forests of the Valdai Upland. *Ekologiya*, 6, 447–453. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059717060063> [in English].
3. Ivanov, A.V. (2018). Carbon emission from the surface of deadwood in the cedar forests of the Southern Primorye. *Ekologiya*, 4, 275–281. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059718040042> [in English].
4. Krasnov, V.P., Shelest, Z.M. & Davydov, I.V. (2012). *Fitoekologiya z osnovamy lisovoho hospodarstva: navchal'nyy posibnyk [Phytoecology with the basics of forestry: a study guide]*. Sumy [in Ukrainian].
5. Lakyda, P.I. (2001). Dynamika zapasiv vuhletsyu v lisakh Ukrainy [Dynamics of carbon reserves in the forests of Ukraine]. *Problemy lisoznavstva i lisivnytstva: zbirnyk naukovykh prats' [Problems of forestry and forestry: a collection of scientific papers]*. (pp. 86–90). Gomel [in Ukrainian].
6. Moroz, V.V. & Nykytyuk, Yu.A. (2020). Carbon absorption ability of pine forest plantations in Volyn Polissya. *Scientific horizons*, 1 (86), 61–70. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-86-1-61-70> [in English].
7. Alexiuk, I.L., Lakyda, P.I. & Terentyev, A.Y. (2013). Osoblyvosti zmin taksatsiynykh pokaznykiv sosnovykh derevostaniv pryrodnoho pokhodzhennya v Polissi Ukrainy zalezchno vid yikh skladu [Peculiarities of changes in taxonomic indicators of pine stands of natural origin in Polissya of Ukraine depending on their composition]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu biosursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriya: Lisivnytstvo ta dekoratyvne sadivnytstvo — Scientific Bulletin National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and ornamental gardening*, 187 (2), 9–15 [in Ukrainian].
8. Didukh, Y.P. (2009). Ekolohichni aspekty hlobal'noyi zminy klimatu: prychnyny, naslidky, diyi [Ecological aspects of global climate change: causes, consequences, actions]. *Visnyk NAN Ukrainy — Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, 34–44 [in Ukrainian].
9. Lovynska, V.M. (2018). Nadzemna fitomasa stovburiv *Pinus sylvestris* L. u derevostanakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Aboveground phytomass of *Pinus sylvestris* L. trunks in the stands of the northern Steppe of Ukraine]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 28 (8), 79–82. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3\(99\)-12](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12) [in Ukrainian].
10. Moroz, V.V. & Nykytyuk, Yu.A. (2020). Vuhletse-pohlinal'na zdadnist' sosnovykh lisovykh nasadzhzen' Chernihivskoho Polissia [Carbon absorption ability of pine forest plantations in Chernihiv Polissya]. *Visnyk Poltav's'koyi derzhavnoyi ahrarynoyi akademiyi — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 90–99. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.10> [in Ukrainian].
11. Moroz, V.V. & Nykytyuk, Yu.A. (2020). Carbon absorption ability of pine forest plantations in Zhytomyr Polissya. *Irrigated agriculture. Interdepartmental thematic scientific collection*, 73, 43–50. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.13> [in English].
12. Sytnyk, S.A. (2019). Modelyuvannya komponentiv fitomasy stovburiv derevostaniv robiniiyi pivnichnoho Stepu Ukrainy [Modeling of phytomass components of trunks of robinia stands of the Northern Steppe of Ukraine]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy — Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 29 (3), 48–51. DOI: <https://doi.org/10.15421/40290310> [in Ukrainian].
13. Moroz, V.V., Stasiuk, N.M. & Fedoniuk, T.P. (2021). Osoblyvosti rostu, rozvytku ta klimatostabilizatsiynne znachennya yalynovykh nasadzhzen' v Ukrainy's'kykh

- Karpatakh [Peculiarities of Growth, Development and Climate Stabilization Value of Spruce Plantations in the Ukrainian Carpathians]. *Naukovyy visnyk UNFU — Scientific Bulletin of UNFU*, 5, 36–41. DOI: <https://doi.org/10.36930/40310505> [in Ukrainian].
14. Bertash, B.M., Galukha, V.L. & Mykytyn, T.M. (2011). *Vse pro biomasu [All about biomass]*. Rivne [in Ukrainian].
  15. Buksha, I.F., Butrym, O.V. & Pasternak, V.P. (2008). *Inventaryzatsiya parnykovykh haziv u sektori zemlekorystuvannya ta lisovoho hospodarstva [Inventory of greenhouse gases in the land use and forestry sector]*. Kharkiv [in Ukrainian].
  16. Moroz, V.V., Stasiuk, N.M. & Tymoshenko, L.M. (2021). Osoblyvosti rostu, rozvytku ta klimatostabilizatsiyi yalytsevykh nasadzhzen' v Ukrayins'kykh Karpatakh [Features of growth, development and climate stabilizing of fir plantations in the Ukrainian Carpathians]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 3, 68–77. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2021.247139> [in Ukrainian].
  17. Voron, V.P. (2011). Scientific basis of diagnostics of anthropogenic damage to forest ecosystems. *Forest Journal*, 1, 24–28 [in English].
  18. Kasatkin, A.C., Zhanabaeva, A.S. & Akimov, R.Y. (2015). Nadzemna fitomasa ta kvalimetriya deyakykh derevnykh vydiv *Sitote Alinia* [Above-ground phytomass and qualimetry of some *Sitote Alinia* tree species]. *Ekolohichnyy potential — Ecological potential*, 1 (9), 41–50 [in Ukrainian].
  19. Kashpor, S.M. & Strohynskyi, A.A. (2013). *Lisivnychyy dovidnyk [Forestry reference book]*. Kyiv [in Ukrainian].
  20. Krasnov, V.P., Tkachuk, V.I. & Orlov, O.O. (2013). *Dovidnyk spetsialista lisovoho hospodarstva [Handbook of forestry specialist]*. Novograd [in Ukrainian].
  21. Lovynska, V.M. (2018). Lokal'na shchil'nist' komponentiv fitomasy stovbura sosny zvychnaynoi (*Pinus sylvestris* L.) Pivnichnoho Stepu Ukrayiny [Local density of phytomass components of Scots pine trunk (*Pinus sylvestris* L.) of the Northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarynykh nauk Prychornomor'ya — Bulletin of Agrarian Sciences of the Black Sea Region*, 3, 73–78. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280816> [in Ukrainian].
  22. Neretin, C.D., Chiglyayev, I.F. & Zaremsky, A.D. (2006). *Instruktsiya z orhanizatsiyi lisovoho fondu Ukrayiny. Pol'ovi roboty [Instruction on the organization of the forest fund of Ukraine. Field work]*. Irpin [in Ukrainian].
  23. Shvydenko, A., Lakida, P. & Shchepachenko, D. (2014). *Vuhlets', klimat ta upravlinnya zemel'nymy resursamy v Ukrayini: lisovyy sektor [Carbon, climate and land management in Ukraine: the forest sector]*. Korsun-Shevchenkivskiy [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 31.03.2024