

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-216>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/216>

УДК 630.181:581.132:58.087:57.042

## ЗНИЖЕННЯ ВУГЛЕЦЕПОГЛИНАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ДЕРЕВОСТАНІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ ЧЕРЕЗ ЗАГИБЕЛЬ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

В.В. Мороз<sup>1</sup>, канд. с.-г.н. наук, Ю.А. Никитюк<sup>2</sup>, канд. с.-г.н. наук

<sup>1</sup> Поліський національний університет, Житомир, Україна;  
<https://orcid.org/0000-0002-1457-4641>; e-mail: vera\_moroz@ukr.net

<sup>2</sup> Поліський національний університет, Житомир, Україна;  
<https://orcid.org/0000-0001-9142-7699>, e-mail: andreyniks2@gmail.com

**Анотація.** Згідно з підписаною Паризькою кліматичною угодою перед Україною стоїть завдання не допустити зростання глобальної середньої температури повітря більше 2°C, аби уникнути збільшення посух, зникнення окремих видів рослин і тварин, всихань і захворювань деревних порід та ін. Для збереження та збільшення кількості природних поглиначів вуглецю науковці приділяють особливу увагу системі покращення управління лісовими, ґрунтовими та іншими природними ресурсами. Серед тридцяти головних лісотворних порід в Україні сосна звичайна (*Pinus silvestris* L.) є переважаючою деревною породою, зокрема у Житомирському Поліссі, її кількість становить 388,4 тис. га, що складає 59% від усіх деревних насаджень. Для встановлення вуглецепоглиальної здатності соснових насаджень Житомирського Полісся в державних підприємствах: Баранівське лісомисливське господарство (ЛМГ); Білокоровицьке лісове господарство (ЛГ); Городицьке ЛГ; Ємільчинське ЛГ; Житомирське ЛГ; Коростенське ЛМГ; Малинське ЛГ; Народицьке спеціалізоване лісове господарство (СЛГ); Новоград-Волинське дослідне лісомисливське господарство (ДЛМГ); Овруцький СЛГ; Олевське ЛГ; Словечанський лісгосп АПК нами були закладені тимчасові пробні площі (ТПП). Згідно з методиками П.І. Лакиди, А.А. Сторочинського, О.І. Подубояринова, А.С. Аткина, А.І. Кобзаря, нами встановлено фітомасу соснових насаджень в абсолютно сухому стані та отримано конверсійні коефіцієнти, які дали змогу оцінити різницю між викидами CO<sub>2</sub> та поглинанням вуглецю. Проведений аналіз встановив, що соснові насадження протягом року у своїй фітомасі акумулюють 23,5 млн т вуглецю, на 1 м<sup>2</sup> вкритих лісовою рослинністю ділянок щільність вуглецю становить 25,7 кг. Встановлено, що найбільшу вуглецепоглиальну здатність у Житомирському Поліссі мають середньовікові соснові насадження – 12,1 млн т. З'ясовано, що внаслідок втрати соснових насаджень Житомирського Полісся за останні роки вуглецепоглиальна здатність лісів знизилась від 10 до 47%.

**Ключові слова:** соснові насадження, фітомаса, групи віку, конверсійні коефіцієнти, поглинання вуглецю.

**Актуальність.** За останні десятиріччя кліматичні зміни призвели до низки негативних чинників, які впливають на лісові насадження, а саме пожежі, всихання, розповсюдження фітохвороб та ентомошкідників. Такі чинники мають негативний вплив на деревні лісові ресурси, які могли б слугувати додатковим джерелом прибутку на світовому ринку в розрізі Паризької угоди [5, 25].

Враховуючи зазначені фактори на Міжнародних кліматичних переговорах ООН (COP21) у 2015 р. була підписана Паризька угода.

Із 197 країн світу, які прийняли участь у підписанні угоди, 176 її ратифікували. Україна була однією з перших країн світу, яка на державному рівні затвердила угоду [2, 18].

Головна мета Паризької кліматичної угоди – не допустити зростання глобальної середньої температури повітря більше ніж 2°C (по можливості – не більше 1,5°C) відносно показників до початку промислової революції, коли людство почало спалювати величезну кількість викопного палива йдеться про історичний період до 1750-х років, коли в Англії розпочалась промислова революція, що пізніше поширилася країнами Європи [19, 20].

Утримання глобального потепління на рівні 1,5–2 °C потребує швидкого зменшення антропогенних викидів парникових газів у навколишнє середовище та повного їх усунення до другої половини XXI століття [27].

Для вирішення локальних і глобальних екологічних проблем Паризька угода передбачає активне використання торгівлі квотами

на викиди забруднюючих речовин. «Квота» – це дозвіл, сертифікат на викиди, однієї тони еквівалента CO<sub>2</sub> за певний період часу, який може бути передано у відповідності з правилами схеми. Торгівля квотами емісії парникових газів (ПГ) (англ. Emissions trading) – ринковий інструмент зниження викидів парникових газів в атмосферу [2, 20]. Враховуючи вищезазначене, Міністерство енергетики та захисту довкілля України розглядає шляхи впровадження системи торгівлі квотами на викиди парникових газів [19].

На конференції ООН зі зміни клімату в Парижі (2015) розглядали роль лісів у боротьбі зі зміною клімату. Важливість лісів ґрунтується на рамковій програмі ООН, схваленій у 2013 р. – REDD + (скорочення викидів у результаті знеліснення і деградації лісів) [25].

Отже, збереженню існуючих та збільшенню кількості природних поглиначів вуглецю за допомогою покращеного управління лісами та іншими рослинними насадженнями і ґрунтами науковці приділяють особливу увагу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Через моделювання продуктивності лісових насаджень і оцінювання їхньої вуглецепоглиняльної здатності визначають хід процесів у лісових екосистемах з метою екологічного моніторингу сталого ведення лісового господарства.

Вітчизняними вченими, зокрема П.І. Лакидою (2006, 2009, 2011), С.І. Миклушем (2011), М.А. Голубом (2003), В.І. Білоусом (2009), В.П. Пастернаком (2011), Р.Д. Василюшиним (2014) та ін. розроблено шляхи та методи оцінки біологічної продуктивності лісових насаджень.

Наші наукові дослідження доповнили: Гриник, Задорожний, 2018; Ловинська, 2018; Ситник, 2019 [10, 16, 17, 26]. Цікаві розробки іноземних науковців в галузі оцінки біопродуктивності лісових насаджень (Швиденко та ін. 1987; Аткин, Аткина, 1999; Щепашенко та ін., 2008; Демаков та ін., 2015; Алексєєв та ін.) [1, 3, 8, 23, 24] та Методами математичного моделювання з використанням методик (Герасимович, Матвєєва, 1978; Кобзарь. 2006) [9, 14] удосконалено ці розробки.

Радянські та іноземні науковці, зокрема А.Г. Лашенко (2004), Г.С. Домашовець (2008), О.В. Морозюк (2009), Д.Г. Щепашенко (2009), Р.В. Сендзюк (2010), Б.П. Чураков (2012) та ін., у своїх наукових працях здійснювали пошук залежностей конфесійних коефіцієнтів, але запропоновані рівняння мали недо-

статньо високий коефіцієнт детермінації та не знайшли свого застосування на практиці. Тому, нами застосовано дещо інший методичний підхід, а отримані рівняння мають достатньо високий коефіцієнт детермінації і їх можна використовувати у подальших наукових дослідженнях.

**Метою досліджень** було розробити математичні залежності конверсійних коефіцієнтів для встановлення зниження вуглецепоглиняльної здатності соснових деревостанів Житомирського Полісся через зменшення їх площ унаслідок пошкоджень фітохворобами, ентомошкідниками, пожежами та ін. Встановити щільність фітомаси та вуглецю на одиницю площі насадження [23].

**Матеріали і методи досліджень.** Збір дослідного матеріалу проводили в державних підприємствах 2016–2019 рр.: Баранівське ЛМГ (у лісництвах – Баранівське, Землянське, Явненське, Адамівське, Биківське, Довбинське, Кам'янобрідське, Довишське); Білорівницьке ЛГ (у лісництвах – Білорівницьке, Жубровицьке, Замисловицьке, Озорянське, Радовельське, Поясківське, Зубковицьке, Тепеницьке, Броницьке, Замисловицьке); Городницьке ЛГ (у лісництвах – Городницьке, Липинське, Броницьке, Надслучанське, Кленівське, Липинське, Червоновольське); Ємільчинське ЛГ (у лісництвах – Барашівське, Гартівське, Глумчанське, Ємільчинське, Жужельське, Королівське, Кочичинське); Житомирське ЛГ (у лісництвах – Новозаводське, Тригірське, Богунське, Березівське, Корабельне, Левківське, Пилипівське, Станишівське); Коростенське ЛМГ (у лісництвах – Бехівське, Омелянівське, Турчинецьке, Ушомирське, Шершнівське, Дубовецьке, Коростишівське, Кропивнянське, Смолівське, Івницьке); Малинське ЛГ (у лісництвах – Чоповицьке, Малинське, Любовицьке, Іршанське, Слобідське, Чоповицьке, Українківське); Народицьке СЛГ (у лісництвах – Кліщівське, Народицьке (ландшафтний заказник місцевого значення «Древлянський»), Базарське, Заліське, Закусилівське, Давидківське, Радчанське); Новоград-Волинський ДЛМГ (у лісництвах – Малоцвілянське, Нов-Волинське, Курчицьке, Пилиповецьке, Пищівське (ландшафтний заказник місцевого значення «Пікельський»), Ярунське); Овруцький СЛГ (у лісництвах – Борутинське, Журбенське, Виступовицьке, Ситовецьке, Коптівщинське, Овруцьке, Прилуцьке, Ігнатпільське, Піщаницьке, Гладковицьке, Бережестьське); Олевське ЛГ (у лісниц-

цтвах – Руднянське, Покровське, Кам'янське, Олевське, Юрівське, Журжевицьке, Сновицьке, Хотинське, Комсомольське); Словечанський лісгосп АПК (у лісництвах – Бігунське, Словечанське, Слобідське, Перебродське, Овруцьке, Рокитнянське, Гладковицьке).

Наші дослідження були зосереджені на відборі дослідного матеріалу в різновікових соснових насадженнях I–IV категорій лісів Житомирського Полісся.

Тимчасові пробні площі закладали у соснових насадженнях згідно з СОУ 02.02–37–476:2006 «Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання». Загальна кількість пробних площ – 104.

Фітомасу деревини та кори в абсолютно сухому стані визначали через їх об'єм, згідно з довідковими таблицями (Швиденко, Кашпор, Строчинський та ін., 1987, 2013) [11, 24], та множили на середню базисну щільність (Полубояринов, 1976; Боровіков, Угольов 1989; Лакида 2002) [4, 15]:

$$m = V \times \rho_{\text{баз}}, \quad (1)$$

де  $m$  – фітомаса компонента, кг;  
 $V$  – об'єм компонента, м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{\text{баз}}$  – базисна щільність, кг/м<sup>3</sup>.

Для встановлення фітомаси кори сосни звичайної використано рівняння, яке запропоували [1, 3]:

$$m_{\text{кори}} = 8,379 + 0,087 \times m_{\text{стовбура}}, \quad (2)$$

де  $m_{\text{кори}}$  – фітомаса кори, кг;  
 $m_{\text{стовбура}}$  – фітомаса стовбура, кг.

Загальну фітомасу дерева визначали сумою окремих фітофракцій дерева (кора, деревина, крона) [13].

Запаси вуглецю в деревостанах встановлювали на підставі даних запасу стовбурів сосни звичайної за допомогою конверсійно-об'ємних коефіцієнтів, що становить собою відношення фітомаси окремих фракцій до запасу деревини і залежних від віку деревостану [1, 3, 15, 16, 17].

Статистичне і математичне моделювання [9, 14] здійснювали за допомогою пакету аналізу даних *Microsoft Excel*.

**Результати дослідження та їх обговорення.** За формулами 1 і 2 встановлено фітомасу деревини, кори та кори сосни звичайної та побудовано кореляційну матрицю між показниками надземної фітомаси в абсолютно сухому стані та таксаційними показниками дерева (діаметр і висота) [10]. Результати аналізу представлено у таблиці 1.

Отримана кореляційна матриця вказує на тісний зв'язок (0,776–0,999) між всіма зазначеними у таблиці показниками, окрім повноти та бонітету.

Проведений статистичний аналіз вказав на однорідну сукупність за середньою висотою та неоднорідну за іншими показниками. Розподіл дуже асиметричний правосторонній за віком, повнотою, бонітетом, об'ємом стовбура та фітомасою, розподіл помірний за середнім діаметром і лівосторонній за середньою висотою. Коефіцієнт ексцесу вказав на гостровершинний розподіл за повнотою та плосковершинний за рештою показників (табл. 2).

### 1. Кореляційна матриця основних біометричних показників соснових деревостанів та надземної фітомаси в абсолютно сухому стані

Показники	Вік, років	Повнота	Бонітет	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Об'єм стовбура в корі, м <sup>3</sup>	Фітомаса деревини, кг	Фітомаса кори, кг	Фітомаса кори, кг	Фітомаса кори, кг
Вік, років	1,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Повнота	-0,007	1,00	–	–	–	–	–	–	–	–
Бонітет	0,076	-0,071	1,00	–	–	–	–	–	–	–
Середня висота, м	0,776	0,033	-0,361	1,00	–	–	–	–	–	–
Середній діаметр, см	0,863	-0,011	-0,133	0,894	1,00	–	–	–	–	–
Об'єм стовбура в корі, м <sup>3</sup>	0,850	0,010	-0,061	0,815	0,955	1,00	–	–	–	–
Фітомаса деревини, кг	0,850	0,010	-0,060	0,814	0,955	1,00	1,00	–	–	–
Фітомаса кори, кг	0,851	0,009	-0,070	0,823	0,955	0,999	0,999	1,00	–	–
Фітомаса кори, кг	0,850	0,010	-0,061	0,815	0,955	1,00	1,00	0,999	1,00	–

2. Основні статистичні характеристики біометричних показників та компонентів надземної фітомаси дерев сосни звичайної в абсолютно сухому стані

Показники	Вік, років	Повнота	Бонітет	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Об'єм стовбура у корі, м <sup>3</sup>	Фітомаса деревини, кг	Фітомаса кори, кг	Фітомаса крони, кг
$X_{cp}$ (середнє арифметичне значення)	68,9	0,8	1,4	21,9	27,4	0,7	278,5	23,3	34,6
$C_v$ (стандартна помилка)	2,9	0,1	0,1	0,5	0,9	0,1	22,3	1,8	2,1
$\sigma$ (стандартне відхилення)	29,4	0,5	0,7	5,4	9,5	0,6	227,2	18,0	21,3
$D$ (дисперсія вибірки)	862,4	0,3	0,4	28,9	90,0	0,4	51603,1	325,7	455,0
$E$ (експес)	0,2	94,8	1,9	0,4	0,04	1,9	1,9	1,9	1,9
$A$ (коефіцієнт асиметрії)	0,7	9,5	1,6	-0,5	0,4	1,4	1,4	1,4	1,4
$V$ (коефіцієнт варіації), %	42,6	69,1	46,9	24,5	34,6	81,1	81,6	77,3	61,6
$min$ (мінімум)	8,0	0,4	1,0	3,0	2,0	0,01	4,9	0,4	8,9
$max$ (максимум)	150,0	6,0	4,0	32,0	52,0	2,9	1095,1	88,6	111,4

Для пошуку математичних моделей взаємозв'язку конверсійних коефіцієнтів соснових насаджень застосовували функцію:

$$R_v = f(A, B, P, M), \quad (3)$$

де  $R_v$  – відповідні конверсійні коефіцієнти для кожної фітофракції дерева;  
 $A, B, P, M$  – вік, бонітет, повнота, запас насадження у корі [8, 26].

Як залежна змінна нами використовувалось відношення маси фракції фітомаси до стовбурового запасу деревостану в корі:

$$R_v = \frac{M_{fr}}{M}, \quad (4)$$

де  $R_v$  – конверсійний коефіцієнт;  
 $M_{fr}$  – маса фракції фітомаси в абсолютно сухому стані, т/га;  
 $M$  – запас деревостану в корі, м<sup>3</sup>/га.

З метою отримання емпіричних рівнянь  $R_v$  були використані показники тимчасових пробних площ, на яких встановлювалась фітомаса за рівняннями 1, 2.

Щоб отримати емпіричні рівняння  $R_v$  були використані показники тимчасових пробних площ, на яких встановлювали фітомасу за рівняннями 1, 2.

За побудови графіків отримані рівняння залежності конверсійних коефіцієнтів (деревина, кора, крона) та вік деревостану (рис. 1–3).

Отримана математична залежність конверсійного коефіцієнта деревини та віку дерев

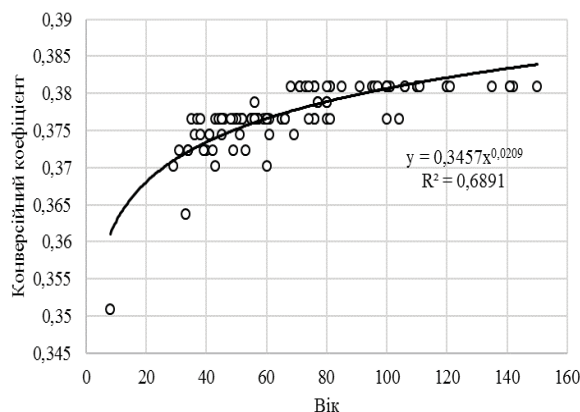


Рис. 1. Залежність конверсійного коефіцієнта деревини від віку дерев

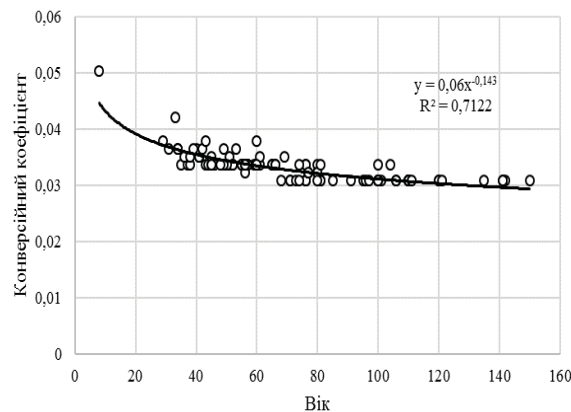


Рис. 2. Залежність конверсійного коефіцієнта кори від віку дерев

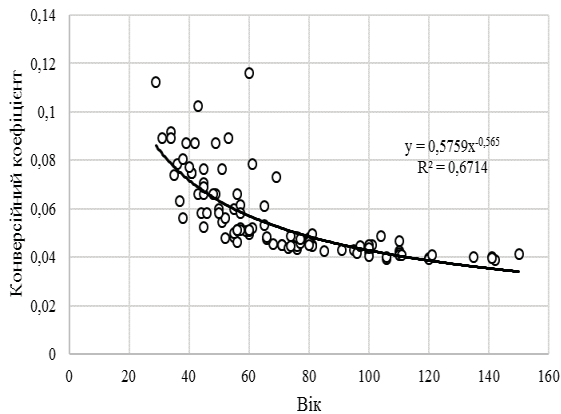


Рис. 3. Залежність конверсійного коефіцієнта крони від віку дерев

має достатньо високий коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,689$ , що дозволяє подальше використання.

Аналізуючи отримане рівняння залежності конверсійного коефіцієнта кори та віку дерев (рис. 2), можна стверджувати про істотний вплив кожного введеного фактора на результативну ознаку. Значення коефіцієнтів детермінації цих показників пояснюють 72% мінливості досліджуваних ознак.

Отримане рівняння залежності конверсійного коефіцієнта крони та віку дерев має значення достовірності апроксимації 0,67, що характеризує модель прийнятної якості.

На основі отриманих рівнянь та даних державного лісового кадастру (Форма № 2) нами встановлені обсяги фітомаси та вуглецю за групами віку в соснових насадженнях різної категорії лісів Житомирського Полісся (табл. 3).

Як свідчать дані (табл. 3), загальна площа вкритих лісовою рослинністю соснових лісових ділянок становить 388,4 тис. га (згідно з останнім обліком за 01.01.2011 р.), із загальним запасом стовбурової деревини 102,7 млн  $m^3$ , акумулюють у своїй фітомасі

23,5 млн т вуглецю. Щільність фітомаси на 1  $m^2$  вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок становить 52,7 кг. Найбільше поглинають вуглець у Житомирському Поліссі середньовікові соснові насадження – 12,1 млн т.

Згідно з даними Державного агентства лісових ресурсів України (Форма 12-ЛП) останнім часом спостерігається зростання площ, вкритих лісовою рослинністю під сосновими ділянками внаслідок їх пошкодження біотичними, абіотичними та антропогенними чинниками (рис. 4).

Загибель соснових лісових насаджень із різних причин знижує вуглецепоглиняльну здатність лісів Житомирського Полісся, адже соснові деревостани складають більшість у регіоні дослідження – 59% [22].

За отриманими конверсійними коефіцієнтами (рис. 1–3) встановлено орієнтовний обсяг вуглецю, який би змогли поглинути втрачені соснові насадження (табл. 4).

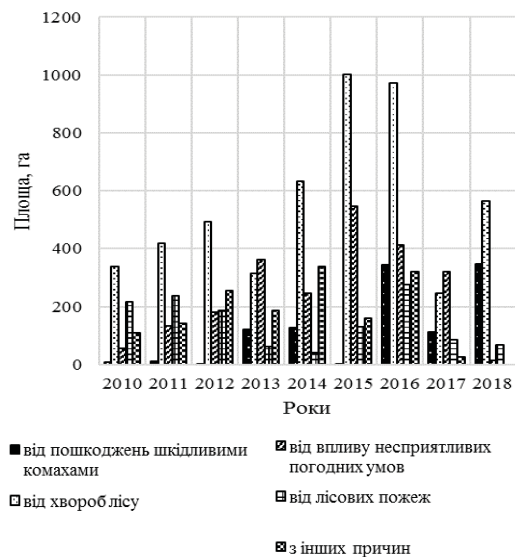


Рис. 4. Загибель соснових лісових насаджень Житомирського Полісся за період 2010–2018 рр. (згідно з даними Держлісагентства)

### 3. Загальна фітомаса та вуглець у соснових лісових насадженнях Житомирського Полісся за групами віку

Групи віку	Площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, тис. га	Запас стовбурової деревини, млн $m^3$	Фітомаса		Вуглець	
			млн т	щільність, $кг/m^2$	млн т	щільність, $кг/m^2$
I вікова група	37,8	1,26	0,75	2,0	0,37	1,0
II вікова група	43,6	5,61	2,86	6,6	1,39	3,2
Середньовікові	179,6	52,3	24,7	13,8	12,1	6,7
Пристигаючі	87,4	30,9	14,2	16,2	6,91	7,9
Стигли та перестійні	39,9	12,6	5,67	14,2	2,76	6,9
Разом	388,4	102,7	48,2	52,7	23,5	25,7

## 4. Орієнтовний обсяг між викидами та поглинанням вуглецю

Роки	Середній вік насаджень, роки	Запас стовбурової деревини, млн м <sup>3</sup>	Викиди CO <sub>2</sub> , млн т*	Обсяг поглинутого вуглецю, млн т	Різниця між викидами та поглинанням вуглецю, млн т
2010	58	0,18	1,6	0,17	1,4
2011	59	0,23	1,5	0,19	1,3
2012	60	0,27	1,6	0,21	1,4
2013	61	0,26	1,7	0,21	1,5
2014	62	0,34	1,5	0,24	1,3
2015	63	0,45	1,4	0,29	1,1
2016	64	0,57	0,7	0,33	0,4
2017	65	0,19	0,7	0,18	0,5
2018	66	0,24	0,8	0,20	0,6

\* Показники згідно з даними Статистичних збірників. Довкілля України за 2010-2018 рр.

Згідно з отриманими показниками викиди діоксиду вуглецю за період 2010–2018 рр. становили 0,7–1,7 млн т. Щорічно втрачені лісові насадження могли депонувати у своїй фітомасі від 0,17–0,33 млн т вуглецю, зменшуючи рівень CO<sub>2</sub> від 10 до 47%.

Отже, збереженню і примноженню лісових насаджень слід приділяти особливу увагу, адже середня вартість однієї квоти на викиди парникових газів становить 18 доларів США тож якщо припустити можливість продажу різниці між викидами і депонуванням вуглецю, то Україна мала б значний прибуток від реалізації квот.

**Висновки.** Запропоновано конфесійні коефіцієнти для встановлення обсягів погли-

нання вуглецю сосновими насадженнями Житомирського Полісся.

Встановлено, що соснові лісові насадження Житомирського Полісся у своїй фітомасі за рік акумулюють 23,5 млн т вуглецю. Щільність вуглецю на 1 м<sup>2</sup> вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок становить 25,7 кг.

З'ясовано, що найбільше поглинають вуглець у Житомирському Поліссі середньовікові соснові насадження – 12,1 млн т.

Встановлено, що загиблі лісові насадження за період 2010–2018 рр. могли би депонувати у своїй фітомасі від 0,17–0,33 млн т вуглецю, абсорбуючи від 10 до 47% антропогенних надходжень CO<sub>2</sub>.

### Бібліографія

1. Пат. № 2272402 С2 Российской федерации на способ изобретения. Способ определения надземной фитомассы лесных насаждений. Алексеев И.А., Курненко И.П., Чешуин А.Н., Бердинских С.Ю., Степанова Т.В., Вахрушев К.В., Коток О.Н.; патентообладатель Марийский государственный технический университет; заявл. 25.03.2004; опубл. 27.03.2006 № 9. 6 с.
2. Аналітичний документ. Європейська система торгівлі викидами та перспективи впровадження системи торгівлі викидами в Україні. Експертно-дорадчий центр «Правова аналітика». 2018. вересень. 26 с.
3. Аткин А.С., Аткина Л.И. Способ и динамика органической массы в лесных сообществах. Изд. УГЛТА. Екатеринбург, 1999. 108 с.
4. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине : справочник. Москва : Лесн. пром-сть, 1989. 296 с.
5. Букша І.Ф., Бутрим О.В., Пастернак В.П. Інвентаризація парникових газів у секторі землекористування та лісового господарства: [монографія]. Харків : ХНАУ, 2008. 232 с.
6. Чуроков Б.П., Манякина Е.В. Депонирование углерода разновозрастными культурами сосны // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 1. С 125–129.
7. Данилов Д.А., Беляева Н.В., Грязьки А.В. Особенности формирования запаса и товарной структуры модальных хвойных древостоев сосны и ели к возрасту спелого насаждения // Лесн. журн. 2018. № 2. С. 40–48. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.40
8. Демаков Ю.П., Пуряев А.С., Черных В.Л., Черных Л.В. Использование аллометрических зависимостей для оценки фитомассы различных фракций деревьев и моделирования их динамики // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 2 (26). С. 19–36.

9. Герасимович А.И., Матвеева Я.И. Математическая статистика. Минск : «Вышэйшая школа», 1978. 200 с.
10. Гриник Г.Г., Задорожний А.І. Моделі динаміки надземної фітомаси дерев ялини європейської залежно від їхніх таксаційних показників у переважаючих типах лісорослинних умов Полонинського хребта Українських Карпат./Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 2. С. 9–19. <https://doi.org/10.15421/40280201>.
11. Кашпор С.М., Строчинський А.А. Лісотаксаційний довідник. Київ : Вид. дім «Вінніченко», 2013. 496 с.
12. Кищенко И.Т. Формирование древесины ствола *Picea abies* (L.) Karst. в разных типах сообществ таежной зоны // Лесн. журн. 2019. № 1. С. 32–39. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.32
13. Клевцов Д.Н., Тюкавина О.Н., Адай Д.М. Биоэнергетический потенциал надземной фитомассы культур сосны обыкновенной таежной зоны // Лесн. журн. 2018. № 4. С. 49–55. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.49
14. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
15. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: [монографія]. Тернопіль: Збруч, 2002. 256 с.
16. Ловинська В.М. Надземна фітомаса стовбурів *Pinus Sylvestris* L. у деревостанах північного степу України/ Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 8. С. 79–82. <https://doi.org/10.15421/40280816>.
17. Ловинська В.М. Локальна щільність компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) Північного Степу України // Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2018. Вип. 3. С. 73–78. DOI :10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12
18. Паризька угода ООН. Угода. Міжнародний документ від 12.12.2015. Київ. 2014. Режим доступу: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995\\_161](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_161).
19. Партнерство заради ринкової готовності в Україні (PMR). Пропозиції щодо розвитку інструментів вуглецевого ціноутворення в Україні: звіт з моделювання. Partnership for market readiness. Серпень 2019. 69 с.
20. Почтовюк А.Б., Пряхина Е.А. Торговля квотами как один из механизмов Киотского протокола. Проблемы современной экономики. Санкт-Петербург. 2012. № 3 (43). 300–304.
21. Полубояринов О.И. Плотность древесины. Москва: Лесн. пром-сть, 1976. 160 с.
22. Публічний звіт голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2017 рік. Київ. 2017. 34 с.
23. Щепашенко Д.Г., Швиденко А.З., Шалаев В.С. Биологическая продуктивность и бюджет углерода лиственных лесов Северо-Востока России: монография. Москва : ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. 296 с.
24. Швиденко А.З., Строчинский А.А., Савич Ю.Н., Кашпор С.Н. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. Киев : Урожай, 1987. 560 с.
25. Соловій Ігор. Оцінка міжнародного досвіду та процедур/регулювань щодо концепції плати за послуги екосистем у лісовому секторі. ENPI EAST FLEG II. September. European Union. 2016. 64 с.
26. Ситник С.А. Моделювання компонентів фітомаси стовбурів робінієвих деревостанів Північного Степу України / Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 3. С. 48–51. <https://doi.org/10.15421/40290310>
27. Киотский протокол. История развития, цели и принципы. Проекты совместного осуществления в Украине: [сборник информационно-методических материалов] / под. ред. С.В. Третьякова. Донецк: ООО «УКРДРУК», 2006. 184 с.

#### References

1. Alekseev, I.A. (Ed.). (2006). Patent Rossiyskoy federatsii № 2272402 S2. Sposob opredeleniya nadzemnoy fitomassyi lesnyih nasazhdeniy [A method for determining the aboveground biomass of forest stands] [in Russian].
2. Analitichniy dokument. (2018). Evropeyska sistema torgsvls vikidami ta perspektivi vprovadzhennya sistemi torgivli vikidami v Ukrayini [The European emissions trading system and the prospects for implementation of the emissions trading system in Ukraine]. Ekspertno-doradchii tsentr «Pravova analitika». Kyiv [in Ukrainian].

3. Atkin, A.S., & Atkina, L.I. (1999). Sposob i dinamika organicheskoy massyi v lesnykh soobshchestvakh [The method and dynamics of organic matter in forest communities.]. Izd. UGLTA. Ekaterinburg [in Russian].
4. Borovikov, A.M., & Ugolev, B.N. (1989). Spravochnik po drevesine : spravochnik [Handbook on wood: handbook.] Moskva : Lesn. prom-st [in Russian].
5. Buksha, I.F., Butrim, O.V., & Pasternak, V.P. (2008). Inventarizatsiya parnikovih gaziv u sektori zemlekoristuvannya ta lisovogo gospodarstva : monografiya [Greenhouse gas inventory in land use and forestry: [monograph]]. Harkiv : HNAU [in Ukrainian].
6. Churokov, B.P., & Manyakina, E.V. (2012). Deponirovanie ugleroda raznovozrastnyimi kulturami sosnyi [Carbon deposition by different-age pine crops]. Ulyanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal, 1, 125–129. [In Russian].
7. Danilov, D.A., Belyaeva, N.V., & Gryaz'kin, A.V. (2018). Osobennosti formirovaniya zapasa i tovarnoy struktury modalnykh hvoynykh drevostoev sosnyi i eli k vozrastu spelogo nasazhdeniya [Peculiarities of formation of stock and commercial structure of modal coniferous tree stands of pine and spruce to age of ripe planting]. Lesnoy zhurnal, 2, 40–48. doi: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.40 [in Russian].
8. Demakov, Yu.P., Puryaev, A.S., Chernykh, V.L., & Chernykh, L.V. (2015). Ispolzovanie allometricheskikh zavisimostey dlya otsenki fitomassyi razlichnykh fraktsiy derevev i modelirovaniya ih dinamiki [Use allometric dependencies to estimate phytomass of different tree fractions and model their dynamics]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta, 2 (26), 19–36. [in Russian].
9. Gerasimovich, A.I., & Matveeva, Ya.I. (1978). Matematicheskaya statistika [Mathematical statistics]. Minsk: Vyisheyskaya shkola. [In Belorussia].
10. Hrynyk, H.H., & Zadorozhnyy, A.I. (2018). Some Models of Dynamics of Above-Ground Phytomass of Spruce Trees Depending on their Assessment Indices in the Prevailing Forest Types of Polynsky Range of the Ukrainian [Models of dynamics of elevated phytomass of trees of a fir-tree European in dependences on their taxation indicators in the prevailing types of forest vegetation conditions of the Polynsky backbone of the Ukrainian Carpathians] Carpathians. Scientific Bulletin of UNFU, 28(2), 9–19. doi:10.15421/40280201. [In Ukrainian].
11. Kashpor, S.M., & Stochinskiy, A.A. (2013). Lisotaksatsiyniy dovidnik [Forest taxation directory]. Kiyiv : Vid. dim «Vinnichenko» [In Ukrainian].
12. Kischenko, I.T. (2019). Formirovanie drevesinyi stvola Picea abies (L.) Karst. v raznykh tipakh soobshchestv taehznoy zonyi [Formation of Picea abies (L.) Karst. in different types of taiga zone communities]. Lesn. Zhurn, 1, 32–39. doi:10.17238/issn0536-1036.2019.1.32 [In Russian].
13. Klevtsov, D.N., Tyukavina, O.N., & Adayi, G.M. (2018). Bioenergeticheskii potentsial nadzemnoy fitomassyi kultur sosnyi obyknovennoy taehznoy zonyi [Bioenergetic potential of above-ground phytomass of common taiga pine crops]. Lesnoy zhurnal, 4, 49–55. doi: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.49. [In Russian].
14. Kobzar, A.I. (2006). Prikladnaya matematicheskaya statistika [Applied mathematical statistics]. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov. Moskva : FIZMATLIT [In Russian].
15. Lakida, P.I. (2002). Fitomasa lisiv Ukrayini [Forest Biomass Ukraine: [monograph]]. Ternopil: Zbruch [In Ukrainian].
16. Lovynska, V.M. (2018). Aboveground phytomass of the trunk of Pinus Sylvestris L. stands within northern steppe of Ukraine [Above-ground phytomass barrels Pinus Sylvestris L. in woodwaters of the northern steppe of Ukraine]. Scientific Bulletin of UNFU, 28(8), 79-82. <https://doi.org/10.15421/40280816> [in Ukrainian].
17. Lovynska, V.M. (2018). Lokalna schilnist komponentiv fitomasi stovbura sosni zvichaynoyi (Pinus sylvestris L.) Pivnichnogo Stepu Ukrayini [Local density of phytomass components of common pine trunk (Pinus sylvestris L.) of Northern Steppe of Ukraine]. Visnik agrarnoyi nauk Prichornomor'ya, 3, 73–78. doi:10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12. [in Ukrainian].
18. Parizka ugoda [Parisian agreement of the UN]. Dokument №1469-VIII vid 14.07.2016. Paris Agreement. Document №1469-VIII of 14.07.2016. Retrieved form: [http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_161](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161). [In Ukrainian].
19. Partnerstvo zaradi rinkovoyi gotovnosti v Ukrayini (PMR) [Partnership for Market Readiness in Ukraine (PMR)]. (2019). Propozitsiyi schodo rozvitku instrumentiv vugletseвого tsinoutvorenniya v Ukrayini: zvit z modelyuvannya. Partnership for market readiness. Kyiv [in Ukrainian].



20. Pochtovyuk, A.B., & Pryahina, E.A. (2012). Torgovlya kvotami kak odin iz mehanizmov Kiotskogo protokola [Quota trading as a mechanism of the Kyoto Protocol. Problems of modern economy]. *Problemyi sovremennoy ekonomiki*, 3 (43), 300–304. [in Russian].
21. Poluboyarinov, O.I. (1976). *Plotnost drevesinyi* [Wood density]. Moskva: Lesn. prom-st [in Russian].
22. Publichniy zvit Golovi Derzhavnogo agentstva lisovih resursiv Ukrayini za 2017 rik [Public report of the Chairman of the State Forest Resources Agency of Ukraine on 2017]. Kyiv. [in Ukrainian].
23. Schepaschenko, D. G., Shvidenko, A. Z., & Shalaev, V. S. (2008). *Biologicheskaya produktivnost i byudzhet ugleroda listvennichnyih lesov Severo-Vostoka Rossii : monografiya* [Biological productivity and carbon budget of larch forests of Northeast Russia: monograph]. Moskva : GOU VPO MGUL [in Russian].
24. Shvidenko, A.Z., Strochinskiy, A.A., Savich, Yu.N., & Kashpor, S.N. (1987). *Normativno-spravochnyie materialyi dlya taksatsii lesov Ukrainyi i Moldavii* [Regulatory and reference materials for forest inventory of Ukraine and Moldova]. Kiev: Urozhay. [in Ukrainian].
25. Soloviy, I. (2016). *Otsinka mizhnarodnogo dosvidu ta protsedur / reguluyvan schodo kontseptsiiyi plati za poslugi ekosistem v lisovomu sektori. European Union: ENPI EAST FLEG II.* [Assessment of international experience and procedures/adjustments on the concept of payment for ecosystem services in the forest sector : ENPI EAST FLEG II].
26. Sytnyk, S.A. (2019). Modeling of the trunk phytomass components of black locust stands in Northern Steppe of Ukraine [Modeling of Phytomass Components of Robynian Tree Stands of the Northern Steppe of Ukraine]. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(3), 48–51. doi:10.15421/40290310 [in Ukrainian].
27. Tretyakov, S.V. (Ed.). (2006). *Kiotskiy protokol. Istoriya razvitiya, tseli i printsipyi. Proektyi sovmesnogo osuschestvleniya v Ukraine: [sbornik informatsionno-metodicheskikh materialov]* [Kyoto Protocol. Development history, goals and principles. Joint implementation projects in Ukraine: [compendium of information and methodological materials]]. Donetsk: ООО «UKRDRUK» [in Ukrainian].

**В.В. Мороз, Ю.А. Никитюк**

#### **Уменьшение углеродопоглощающей способности древостоев Житомирского Полесья через потерю сосновых насаждений**

**Аннотация.** Согласно подписанному Парижскому климатическому соглашению, перед Украиной стоит задача не допустить роста глобальной средней температуры воздуха более 2°C, чтобы избежать увеличения засух, исчезновения отдельных видов растений и животных, высыхания и заболевания древесных пород и др. Для сохранения и увеличения количества природных поглотителей углерода учеными уделяется особое внимание системе улучшения управления лесными, грунтовыми и другими природными ресурсами. Среди тридцати главных лесообразующих пород в Украине сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) является преобладающей древесной породой, в частности в Житомирском Полесье, ее количество составляет 388,47 тыс. га, что составляет 59 % от всех древесных насаждений. Для установления углеродопоглощающей способности сосновых насаждений Житомирского Полесья в государственных предприятиях: Барановское лесохозяйственное хозяйство (ЛОХ); Белокоровицкое лесное хозяйства (ЛХ); Городницкое ЛХ; Эмильчинское ЛХ; Житомирское ЛХ; Коростенское ЛОХ; Малинское ЛХ; Народицкое специализированное лесное хозяйство (СЛХ); Новоград-Волыньское опытное лесохозяйственное хозяйство (ОЛОХ); Овруцкое СЛХ; Олевское ЛХ; Словечанское лесохозяйственное АПК нами были заложены временные пробные площади (ТПП). Согласно методикам П.И. Лакиды, А.А. Сторочинського, А.И. Полубояринова, А.С. Аткина, А.И. Кобзаря нами установлено фитомассу сосновых насаждений в абсолютно сухом состоянии и получено конверсионные коэффициенты, которые позволяют оценить разницу между выбросами CO<sub>2</sub> и поглощением углерода. Проведенный анализ установил, что сосновые насаждения в течение года в своей фитомассе аккумулируют 23,5 млн т углерода, на 1 м<sup>2</sup> покрытых лесной растительностью лесных участках плотность углерода составляет 25,7 кг. Установлено, что наибольшую углеродопоглощающую способность в Житомирском Полесье имеют средневозрастные сосновые древостои – 12,1 млн т. Установлено, что в результате потери сосновых насаждений Житомирского Полесья за последние годы углеродопоглощающая способность лесов снизилась в среднем от 10 до 47%.

**Ключевые слова:** сосновые насаждения, фитомасса, группы возраста, конверсионные коэффициенты, поглощение углерода.

V.V. Moroz, Y.A. Nykytiuk

**Reduction of carbon absorption capacity of forest stands  
in Zhytomyr Polissya due to the pine stands mortality**

**Abstract.** According to the signed climate Paris Agreement, Ukraine is faced with the task to prevent the global average air temperature from rising above 2,0 °C in order to avoid an increase in droughts, extinction of certain species of plants and animals, drying up and diseases of tree species, etc. To preserve and increase the number of natural carbon sinks, scientists pay attention in particular to the system of improving forest, soil, and other natural resources management. Among thirty main forest-forming species in Ukraine, Scots pine (*Pinus silvestris* L.) is the predominant tree species, in Zhytomyr Polissya, in particular, its amount is 388,4 thousand hectares, which is 59% of all tree plantations. To establish the carbon absorption capacity of pine stands of Zhytomyr Polissya, we have laid temporary test squares (CCIs) in state-owned enterprises: Baran Forestry hunting enterprise; Belokrovytsia Forestry; Gorodnitsky Forestry; Emilchinskoye Forestry; Zhytomyr Forestry; Korostensky hunting enterprise; Malinsky Forestry; People's Specialized Forestry; Novograd-Volyn Experienced Forestry; Ovruch Specialized Forestry; Olevsky Forestry; Slovenian Forestry Agribusiness. According to the methods of P.I. Lakida, A.A. Storochinsky, O.I. Poluboyarynova, A.S. Atkin, A.I. Kobzar, we established a phytomass of pine stands in a completely dry state and obtained conversion coefficients that made it possible to estimate the difference between CO<sub>2</sub> emissions and carbon sequestration. According to the analysis carried out, pine stands accumulate in their phytomass 23,5 million tons of carbon per 1 m<sup>2</sup> of forest areas covered with forest vegetation, the carbon density is 25,7 kg. It has been found that in Zhytomyr Polissya medium-aged tree stands have the largest carbon-absorbing capacity – 12,1 million tons. It is established that as a result of the loss of pine stands of Zhytomyr Polissya in recent years the carbon-absorbing capacity of forests decreased on average from 10 to 47%.

**Key words:** pine stands, phytomass, age groups, conversion factors, carbon sequestration.