



original article | UDC 630.181:581.132:58.087 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.10

CARBON ABSORPTION ABILITY OF PINE FOREST PLANTATIONS IN CHERNIHIV POLISSIA

V. V. Moroz*

 ORCID  [0000-0002-1457-4641](https://orcid.org/0000-0002-1457-4641)

Y. A. Nykytiuk

 ORCID  [0000-0001-9142-7699](https://orcid.org/0000-0001-9142-7699)

Zhytomyr National Agro-Ecological University, 7, Stary Boulevard, Zhytomyr, 10008, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: vera_moroz@ukr.net

According to the signed Paris Climate Agreement, Ukraine is faced with the task to prevent the global average air temperature from rising above 2.5 °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 absorbents, scientists pay particular attention to the system of improving the management of forest, soil, and other natural resources. Among thirty main forest-forming species in Ukraine, Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is the predominant tree species, in Chernihiv Polissia, in particular, the area under it is 214.2 thousand hectares, which makes 61 % of all tree plantations. To establish the carbon absorption capacity of pine plantations in Chernihiv Polissia we have laid temporary test areas (TTAs) at the following state-owned enterprises: Horodnianske Forestry, Dobrianske Forestry, Koriukivske Forestry, and Nizhynske Forestry. Applying the methods of P. I. Lakyda, A. A. Storochynsky, O. I. Poluboiarynov, A. S. Atkin, A. I. Kobzar, we established a phyto-mass of pine plantations in a completely dry state and obtained conversion coefficients that made it possible to estimate the difference between CO₂ emissions and carbon absorption. According to the conducted analysis of distributing forest areas under pine plantations in Chernihiv Polissia, the overwhelming majority is occupied by pine forests of the IVth category (operational), their share is 64 %, and that is why their carbon absorption capacity is higher. Climatic changes during 1968–2018 were analyzed, and the tendency of increasing the average annual air temperature by 2.5 °C in the studied regions was established. It has been found that the pine forests of Chernihiv Polissia annually absorb 34.0 thousand tons of carbon from the air, which is approximately 1.37–2.15 % of the annual carbon emissions into the atmospheric air, which in turn has a positive impact on the environmental state in the region of studies.

Key words: pine tree plantations, phyto-mass, forest categories, conversion coefficients, carbon absorption.

ВУГЛЕЦЕПОГЛИНАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ СОСНОВИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ЧЕРНІГІВСЬКОГО ПОЛІССЯ

В. В. Мороз, Ю. А. Никитюк,

Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, Україна

Згідно з підписаною Паризькою кліматичною угодою перед Україною постало завдання не допустити зростання глобальної середньої температури повітря більше 2,5 °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 надають особливу увагу системі покращення управління лісовими, ґрунтовими та іншими природними ресурсами. Серед три-

дияти головних лісотвірних порід в Україні сосна звичайна (*Pinus silvestris* L.) є найпоширенішою деревною породою, зокрема в Чернігівському Поліссі, її кількість становить 214,2 тис. га, що складає 61 % від усіх деревних насаджень. Для встановлення вуглецепоглиняльної здатності соснових насаджень Чернігівського Полісся в державних підприємствах: Городнянське ЛГ, Добрянське ЛГ, Корюківське ЛГ, Ніжинське ЛГ ми заклали тимчасові пробні площі (ТПП). Згідно з методиками П. І. Лакиди, А. А. Сторочинського, О. І. Полубояринова, А. С. Аткина, А. І. Кобзаря встановлено фітомасу соснових насаджень в абсолютно сухому стані та отримано конверсійні коефіцієнти, які дали змогу оцінити різницю між викидами CO₂ та поглинанням вуглецю. Згідно з проведеним аналізом розподілу площ лісових ділянок під сосновими насадженнями в Чернігівському Поліссі щонайбільше займають соснові ліси IV категорії (експлуатаційні) їх частка складає – 64 %, тому їх вуглецепоглиняльна здатність є більшою. Проаналізовано кліматичні зміни за період 1968–2018 рр., встановлено тенденцію до зростання середньорічної температури повітря на 2,5 °С у регіоні дослідження. З'ясовано, що соснові ліси Чернігівського Полісся щорічно поглинають 34,0 тис. т вуглецю з повітря, що приблизно становить 1,37–2,15 % від щорічних викидів вуглецю в атмосферне повітря, а це своєю чергою має позитивний вплив на стан навколишнього середовища в регіоні дослідження.

Ключові слова: соснові насадження, фітомаса, категорії лісів, конверсійні коефіцієнти, поглинання вуглецю.

УГЛЕРОДОПОГЛОЩАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СОСНОВЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЧЕРНИГОВСКОГО ПОЛЕСЬЯ

В. В. Мороз, Ю. А. Никитюк,

Житомирский национальный агроэкологический университет, Житомир, Украина

Согласно подписанному Парижскому климатическому соглашению перед Украиной стоит задача не допустить роста глобальной средней температуры воздуха более 2,5 °С, чтобы избежать увеличения засух, исчезновение отдельных видов растений и животных, высыхания и заболевания древесных пород и др. Для сохранения и увеличению количества природных поглотителей углерода ученые уделяют особое внимание системе улучшения управления лесными, грунтовыми и другими природными ресурсами. Среди тридцати главных лесобразующих пород в Украине сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) является преобладающей древесной породой, в частности в Черниговском Полесье ее насаждения занимают 214,2 тыс. га, что составляет 61 % от всех древесных насаждений. Для установления углеродопоглощающей способности сосновых насаждений Черниговского Полесья в государственных предприятиях: Городнянское ЛХ, Добрянское ЛХ, Корюковское ЛХ, Нежинское ЛХ мы заложили временные пробные площади (ВПП). Согласно методикам П. И. Лакиды, А. А. Сторочинского, А. И. Полубояринова, А. С. Аткина, А. И. Кобзаря мы установили фитомассу сосновых насаждений в абсолютно сухом состоянии и получили конверсионные коэффициенты, которые позволяют оценить разницу между выбросами CO₂ и поглощением углерода. Согласно проведенного анализа распределения площадей лесных участков под сосновыми насаждениями в Черниговском Полесье преобладающее большинство занимают сосновые леса IV категории (эксплуатационные), их доля составляет 64 %. Проанализированы изменения климата в течение 1968–2018 гг, установлена тенденция роста средней ежегодной температуры воздуха на 2,5 °С в области исследования. Выяснено, что сосновые леса Черниговского Полесья ежегодно поглощают 34,0 тыс. т углерода из воздуха, что примерно составляет 1,37–2,15 % от ежегодных выбросов углерода в атмосферу, а это, в свою очередь, оказывает положительное влияние на состояние окружающей среды в регионе исследования.

Ключевые слова: сосновые насаждения, фитомасса, категории лесов, конверсионные коэффициенты, поглощение углерода.

Вступ

Останніми десятиріччями кліматичні зміни призвели до низки негативних чинників, серед яких зникнення окремих видів рослин і тварин, посухи, ускладнення вирощування сільськогосподарських культур, всихання і захворювання деревних порід та ін. [5, 25].

Зважаючи на ці фактори, на Міжнародних кліматичних переговорах ООН (COP21) 2015 р. була підписана Паризька угода. З 197 країн світу, які взяли 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 °С (по можливості – не більше 1,5 °С) відносно показників до початку промислової революції, коли людство почало спалювати величезну кількість викопного палива, йдеться про історичний період до 1750-х років – до того часу, коли в Англії розпочалася промислова революція, що пізніше поширилася країнами Європи [19, 20].

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

Для розв'язання 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 CO₂ за певний період часу, який може бути передано відповідно до правил схеми. Торгівля квотами емісії парникових газів (ПГ) (англ. Emissions trading) – ринковий інструмент зниження викидів парникових газів у атмосферу [2, 20]. Середня вартість однієї квоти на викиди парникових газів становить 18 доларів США, якщо припустити можливість продажу різниці між викидами і депонуванням вуглецю, то Україна мала б значний прибуток від реалізації квот. Зважаючи на 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) розглядалася роль лісів у боротьбі зі зміною клімату. Важливість лісів ґрунтується на рамковій програмі ООН, схваленій 2013 року – REDD + (скорочення викидів у результаті знеліснення й деградації лісів) [25].

Отже, проблемі збереження існуючих та збільшення кількості природних поглиначів вуглецю за допомогою покращеного управління лісами та іншими рослинними насадженнями і ґрунтами науковці надають особливу увагу.

Через моделювання продуктивності лісових насаджень і оцінки їхньої вуглецепоглиняльної здатності визначають хід процесів у лісових екосистемах з метою екологічного моніторингу сталого ведення лісового господарства.

У науці низкою вітчизняних вчених, 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. Василичим (2014) та ін. розроблено шляхи та методи оцінки біологічної продуктивності лісових насаджень.

Наші наукові дослідження доповнено сучасними науковими роботами (Гриник, Задорожний, 2018; Ловинська, 2018; Ситник, 2019) [10, 16, 17, 26]. та розробками іноземних науковців у 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 удосконалено методами математичного моделювання з використанням методик (Герасимович, Матвєєва, 1978; Кобзарь. 2006) [9, 14].

Метою наших досліджень було розробити математичні залежності конверсійних коефіцієнтів для встановлення накопичення фітомаси та обсягів поглинутого вуглецю сосновими лісовими насадженнями Чернігівського Полісся за їх віком, застосовуючи методичні підходи вітчизняних та іноземних науковців. Серед *завдань* досліджень: збір дослідного матеріалу, отримання математичних рівнянь конверсійних коефіцієнтів залежно від віку насадження, встановлення обсягів вуглецю в соснових насадженнях різної категорії призначення.

Матеріали і методи досліджень

Збір дослідного матеріалу проводився в державних підприємствах 2016–2019 рр.: Городнянське ЛГ (у лісництвах – Рубізьке, Городнянське, Моложавське, Невклянське, Рубізьке, Тупичівське, Староруднянське); Добрянське ЛГ (у лісництвах – Олександрівське, Добрянське, Олешнянське, Комарівське, Ріпкинське, Новояриловицьке, Чудівське); Корюківське ЛГ (у лісництвах – Корюківське, Брецьке, Новоборовицьке, Андрониківське, Єлінське, Тихоновицьке, Щорське); Ніжинське ЛГ (у лісництвах – Вертіївське, Іржавське, Дроздівське, Кобижчанське, Носівське, Новоселицьке, Мринське, Пакульське, Любецьке, Мекшунівське, Славутицьке, Березнянське, Чернігівське, Красилівське), де ми заклали тимчасові пробні площі (ТПП).

Наші дослідження були зосереджені на відборі дослідного матеріалу в різновікових соснових на-

садженнях I–IV категорій лісів Чернігівського Полісся.

Тимчасові пробні площі закладали в соснових насадженнях згідно з СОУ 02.02–37–476:2006 «Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання». Загальна кількість пробних площ – 68.

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, м³; $\rho_{\text{баз}}$ – базисна щільність, кг/м³.

Для встановлення фітомаси крони сосни звичайної використано рівняння, яке запропонували А. С. Аткин, Л. І. Аткина, Алексєєв та ін. [1, 3]:

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

де $m_{\text{крони}}$ – фітомаса крони, 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 представляють собою відношення фітомаси окремих фракцій до запасу деревини і залежних від віку деревостану [1, 3, 15, 16, 17].

Математичне моделювання здійснювали за методикою А. І. Кобзаря, А. І. Герасимович, Я. І. Матвєєва [9, 14] за допомогою *Microsoft Excel*.

Результати досліджень та їх обговорення

Проблема вивчення пулів вуглецю в лісових екосистемах тісно пов'язана з тенденціями у зміні клімату. Встановлення різниці між викидами вуглецю та його акумулюванням у фітомасі дерев дозволить достовірно прогнозувати стан навколишнього середовища та здійснювати вимоги Паризької угоди.

Для з'ясування кліматичних змін у регіоні дослідження згідно з даних Чернігівського обласного центру з гідрометеорології (Чернігівського ЦМГ), проведено детальний аналіз температури повітря за період 1968–2018 рр. (рис. 1).

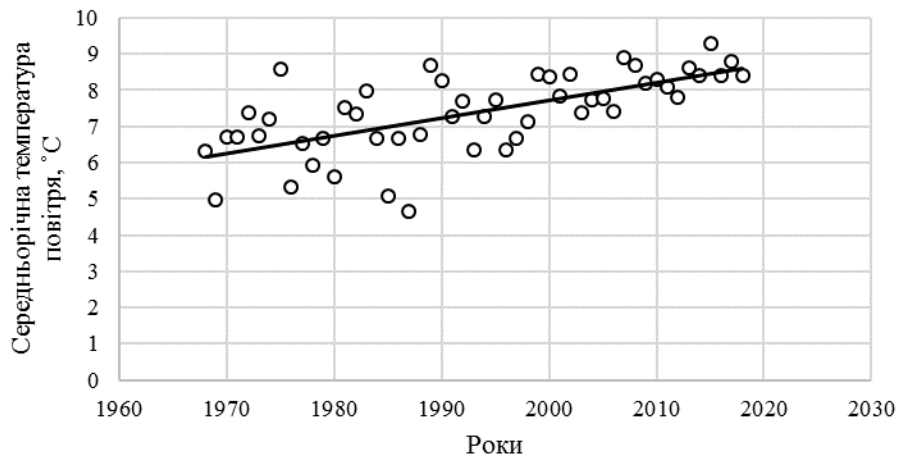


Рис. 1. Середньорічна температура повітря за період 1968–2018 рр.

Отже, згідно з отриманими результатами аналізу (рис. 1) в Чернігівському Поліссі спостерігається тенденція до зростання середньорічної температури повітря на 2,5 °С.

Такі зміни мають негативний вплив на насадження, останніми роками спостерігається всихання соснових насаджень. Згідно з останнім публічним звітом Державного агентства лісових ресурсів України станом на 1 січня 2019 р., загальна площа всихання лісів становить 440 тис. га, з них сосни звичайної 243 тис. га.

За даними державного агентства лісових ресурсів в Україні серед 30 головних лісотвірних порід, сосна звичайна (*Pinus silvestris* L.) займає 35 % і є одним з перспективних вуглецепоглиначів у державі (рис. 2).

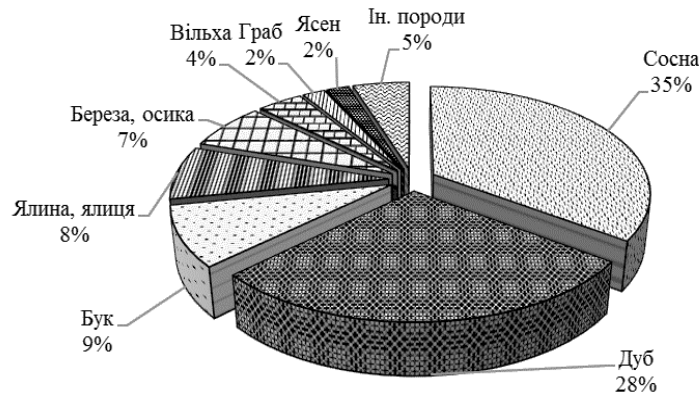


Рис. 2. Розподіл площі лісів України за найпоширенішими деревними породами (згідно з даними Державного агентства лісових ресурсів України). Джерело: [22].

За даними державного лісового кадастру, станом на 1 січня 2011 р. у Чернігівському Поліссі площа вкритих лісовою рослинністю соснових лісових ділянок становить 214,2 тис. га, що становить 61 % від решти насаджень (рис. 3).

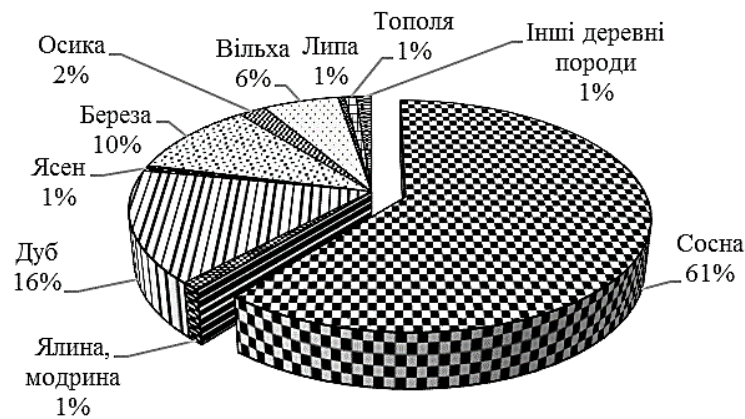


Рис. 3. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю соснових лісових ділянок

Розподіл площ лісових ділянок під насадженнями за категоріями лісів у Чернігівському Поліссі свідчить, що переважну більшість займають соснові ліси IV категорії (експлуатаційні) їх частка становить – 64 % (рис. 4).

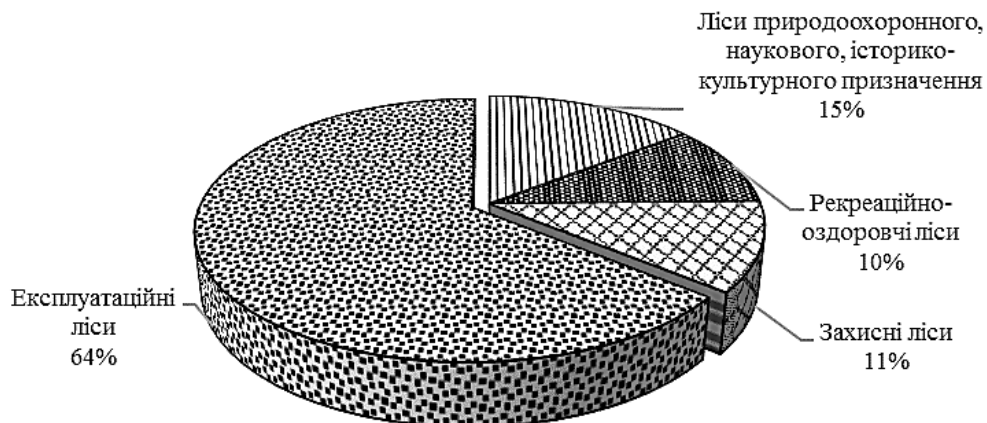


Рис. 4. Розподіл за категоріями соснових лісових ділянок у Чернігівському Поліссі

За формулами 1 і 2 встановлено фітомасу деревини, кори та крони 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 в таблиці 1.

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 ³	Фітомаса деревини, кг	Фітомаса кори, кг	Фітомаса крони, кг
Вік, років	1,00	–	–	–	–	–	–	–	–
Повнота	-0,427	1,00	–	–	–	–	–	–	–
Бонітет	0,130	-0,156	1,00	–	–	–	–	–	–
Середня висота, м	0,850	-0,232	-0,190	1,00	–	–	–	–	–
Середній діаметр, см	0,897	-0,428	-0,071	0,885	1,00	–	–	–	–
Об'єм стовбура в корі, м ³	0,865	-0,454	-0,112	0,810	0,968	1,00	–	–	–
Фітомаса деревини, кг	0,865	-0,454	-0,111	0,810	0,968	1,00	1,00	–	–
Фітомаса кори, кг	0,864	-0,452	-0,117	0,812	0,968	1,00	0,999	1,00	–
Фітомаса крони, кг	0,865	-0,454	-0,112	0,810	0,968	1,00	1,00	0,999	1,00

Отримана кореляційна матриця вказує на тісний зв'язок (0,810–0,999) між усіма зазначеними в таблиці показниками окрім повноти та бонітету.

Проведений статистичний аналіз свідчить про однорідну сукупність за віком, повнотою, середнім діаметром та висотою та неоднорідну за іншими показниками. Розподіл асиметричний помірний лівосторонній за віком, повнотою, середнім діаметром, дуже асиметричний за середньою висотою. Правосторонній помірний за об'ємом стовбура та фітомасою. Коефіцієнт ексцесу вказав на плосковершинний розподіл за всіма показниками (табл. 2).

Для пошуку математичних моделей взаємозв'язку конверсійних коефіцієнтів соснових насаджень застосовувалась функція:

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

де R_v – відповідні конверсійні коефіцієнти для кожної фітофракції дерева; А, Б, П, М – вік, бонітет, повнота, запас насадження в корі [8, 26].

Як залежну змінну ми використовували 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 у корі, м³/га.

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

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ЕКОЛОГІЯ

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

Показники	Вік, років	Повнота	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Об'єм стовбура у корі, м ³	Фітомаса деревини, кг	Фітомаса кори, кг	Фітомаса крони, кг
X_{cp} (середнє арифметичне значення)	83,8	0,7	24,5	31,6	1,0	377,1	31,0	43,9
S_v (стандартна помилка)	2,80	0,01	0,63	1,03	0,07	25,69	2,03	2,41
σ (стандартне відхилення)	23,1	0,1	5,2	8,5	0,6	211,8	16,7	19,9
D (дисперсія вибірки)	533,1	0,01	26,8	71,9	0,3	44877,2	279,4	395,4
E (експес)	0,02	0,63	1,90	0,26	0,46	0,44	0,60	0,45
A (коефіцієнт асиметрії)	-0,43	-0,31	-1,54	-0,41	0,52	0,52	0,54	0,52
V (коефіцієнт варіації), %	27,5	10,8	21,1	26,8	55,9	56,2	53,9	45,3
min (мінімум)	29,0	0,5	9,0	10,0	0,0	16,7	1,9	10,0
max (максимум)	128,0	0,9	31,0	52,0	2,8	1059,0	85,6	108,0

У ході математичного моделювання отримані такі рівняння:
для деревини

$$R_{v(\text{дер})} = 0,339 \times A^{0,025} \quad R^2=0,82 \quad (5);$$

для кори

$$R_{v(\text{кори})} = 0,071 \times A^{-0,180} \quad R^2=0,82 \quad (6);$$

для крони

$$R_{v(\text{крони})} = 2,32 \times A^{-0,877} \quad R^2=0,81 \quad (7).$$

де $R_{v(\text{дер})}$ – конверсійний коефіцієнт деревини, $R_{v(\text{кори})}$ – конверсійний коефіцієнт кори, $R_{v(\text{крони})}$ – конверсійний коефіцієнт крони, A – вік насадження.

Використовуючи отримані конверсійні коефіцієнти соснових насаджень (рівняння 5–6), встановлено запас вуглецю згідно з «Розподілом лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю, за 10-річними віковими періодами» (Форма № 5) державного лісового кадастру станом на 1 січня 2011 р. (останній облік насаджень) (рис. 5).

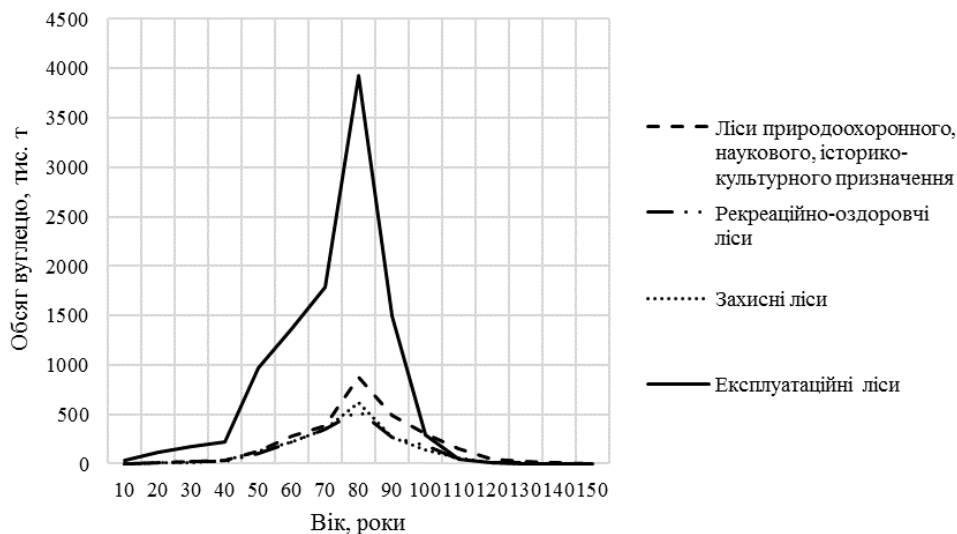


Рис. 5. Обсяг вуглецю в соснових насадженнях Чернігівського Полісся за категорією лісів

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ЕКОЛОГІЯ

Згідно з отриманими результатами аналізу встановлено, що переважну більшість у Чернігівському Поліссі становлять лісові насадження IV категорії захищеності (експлуатаційні ліси), тому їх вуглецепоглинальна здатність є більшою. Серед експлуатаційних лісів найбільшу вуглецеакумуляуючу здатність мають насадження у віці 80 років (3,92 млн т).

За даними Головного управління статистики Чернігівської області найбільшими забруднювачами довкілля викидами діоксиду вуглецю є стаціонарні та пересувні джерела забруднення (табл. 3).

За отриманими конверсійними коефіцієнтами, зважаючи на вікові зміни соснових насаджень різної категорії лісів Чернігівського Полісся та їх запас, встановлено щорічне депонування вуглецю, починаючи з 2008 року (табл. 3).

3. Порівняльні дані антропогенних викидів вуглецю та його депонування сосновими лісами Чернігівського Полісся

Роки	Кількість депонованого вуглецю за роками, млн т	Загальний обсяг щорічного поглинання вуглецю, млн т	Щорічні викиди вуглецю в атмосферне повітря	Різниця між викидами та депонуванням вуглецю за рік
2006	16,4	–	–	–
2007	16,5	0,03	2,30	2,27
2008	16,5	0,03	2,50	2,47
2009	16,5	0,03	2,40	2,37
2010	16,6	0,03	2,50	2,47
2011	16,6	0,03	2,50	2,47
2012	16,6	0,03	2,50	2,47
2013	16,7	0,03	2,40	2,37
2014	16,7	0,03	2,30	2,27
2015	16,7	0,03	2,00	1,97
2016	16,8	0,03	1,70	1,67
2017	16,8	0,03	1,60	1,57
2018	16,8	0,03	1,70	1,67

Примітки: * з 2004 р. – по автомобільному, залізничному транспорту; з 2007 р. – по автомобільному, залізничному транспорту та виробничій техніці.

Щорічно соснові ліси Чернігівського Полісся поглинають від 34,0 тис. т вуглецю з повітря, знижуючи щорічні викиди діоксиду вуглецю на 1,37–2,15 %.

Втрата 243 тис. га соснових насаджень через всихання спричиняє не тільки екологічні проблеми але й економічні, адже Україна мала би значні прибутки від продажу квот на світовому ринку, беручи активну участь у Паризькій угоді.

Радянські та іноземні науковці, зокрема А. Г. Лашенко (2004), Г. С. Домашовець (2008), О. В. Морозюк (2009), Д. Г. Щепашенка (2009), Р. В. Сендзюка (2010), Б. П. Чуракова (2012) та ін., у своїх наукових працях здійснювали пошук залежностей конфесійних коефіцієнтів, але запропоновані авторами рівняння мали недостатньо високий коефіцієнт детермінації та не зайшли свого застосування на практиці. Тому ми застосували дещо інший методичний підхід, а отримані рівняння мають достатньо високий коефіцієнт детермінації і їх можна використовувати в подальших наукових дослідженнях.

Висновки

Проаналізовано кліматичні зміни за період 1968–2018 рр., встановлено тенденцію до зростання середньорічної температури повітря на 2,5 °С у регіоні дослідження. За допомогою отриманих емпіричних рівнянь встановлено що в Чернігівському Поліссі експлуатаційні соснові ліси у віці 80 років у своїй фітомасі накопичують 3,92 млн т вуглецю. З'ясовано, що соснові насадження Чернігівського Полісся щорічно поглинають від 34,0 тис. т, знижуючи викиди парникових газів від стаціонарних та

пересувних джерел забруднення від 1,37 до 2,15 %.

Перспективи подальших досліджень – отримані у процесі наших досліджень математичні рівняння конверсійних коефіцієнтів дають змогу швидко та ефективно встановити кількість акумульованого вуглецю сосновими насадженнями, що є важливим у встановленні обсягів зниження викидів парникових газів у навколишнє середовище через поглинутий вуглець сосновими деревами, а це, своєю чергою, надає змогу Україні виконати певні умови Паризької угоди.

References

1. Alekseev, I. A. (Ed.). (2006). Patent Rossiyskoy federatsii № 2272402 S2. Sposob opredeleniya nadzemnoy fitomassyi lesnykh nasazhdeniy [In Russian].
2. Analitichniy dokument. (2018). *Evropeyska sistema torgsvls vikidami ta perspektivi vprovadzhennya sistemi torgivli vikidami v Ukrayini*. Ekspertno-doradchiy tsentr «Pravova analitika». Kyiv [In Ukrainian].
3. Atkin, A. S., & Atkina, L. I. (1999). *Sposob i dinamika organicheskoy massyi v lesnykh soobshchestvah*. Izd. UGLTA. Ekaterinburg [In Russian].
4. Borovikov, A. M., & Ugolev, B. N. (1989). *Spravochnik po drevesine: spravochnik*. 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*. Harkiv: HNAU [In Ukrainian].
6. Churokov, B. P., & Manyakina, E. V. (2012). Deponirovanie ugleroda raznovozrastnyimi kulturami sosnyi. *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. *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. *Vestnik Povolzhskogo Gosudarstvennogo Tehnologicheskogo Universiteta*, 2 (26), 19–36 [In Russian].
9. Gerasimovich, A. I., & Matveeva, Ya. I. (1978). *Matematicheskaya statistika*. Minsk: «Vyisheyshaya 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 Polonynsky Range of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (2), 9–19. doi: 10.15421/40280201 [In Ukrainian].
11. Kashpor, S. M., & Strochinskiy, A. A. (2013). *Lisotaksatsiyniy dovidnik*. Kiyiv: Vid. dim «Vinnichenko» [In Ukrainian].
12. Kischenko, I. T. (2019). Formirovanie drevesinyi stvola Picea abies (L.) Karst. v raznykh tipakh soobshchestv taezhnoy zonyi. *Lesnoy Zhurnal*, 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 obyiknovennoy taezhnoy zonyi. *Lesnoy Zhurnal*, 4, 49–55. doi: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.49 [In Russian].
14. Kobzar, A. I. (2006). *Prikladnaya matematicheskaya statistika*. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov. Moskva: FIZMATLIT [In Russian].
15. Lakida, P. I. (2002). *Fitomasa lisiv Ukrayini: monografiya*. Ternopil: Zbruch [In Ukrainian].
16. Lovinska, V. M. (2018). Nadzemna fitomasa stovburiv Pinus sylvestris L. u derevostanah pivnichnogo stepu Ukrayini. *Naukoviy visnik NLTU Ukrayini*, 28 (8), 79–82. doi: 10.15421/40280816 [In Ukrainian].
17. Lovinska, V. M. (2018). Lokalna schilnist komponentiv fitomasi stovbura sosni zvichaynoyi (Pinus sylvestris L.) Pivnichnogo Stepu Ukrayini. *Visnik Agraranoi Nauk Prichornomor'ya*, 3, 73–78. doi: 10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12 [In Ukrainian].
18. Parizka uroda. Dokument №1469-VIII vid 14.07.2016. *Paris Agreement. Document №1469-VIII of 14.07.2016*. Retrieved from: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_l61 [In Ukrainian].

-
19. *Partnerstvo zaradi rinkovoyi gotovnostiI v Ukrayini (PMR)*. (2019). Propozitsiyi schodo rozvitku instrumentiv vugletsevego 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. *Problemyi Sovremennoy Ekonomiki*, 3 (43), 300–304 [In Russian].
 21. Poluboyarinov, O. I. (1976). *Plotnost drevesinyi*. Moskva: Lesn. prom-st [In Russian].
 22. *Publichniy zvit Golovi Derzhavnogo agentstva lisovih resursiv Ukrayini za 2017 rik*. Kiyiv [In Ukrainian].
 23. Schepaschenko, D. G., Shvidenko, A. Z., & Shalaev, V. S. (2008). *Biologicheskaya produktivnost i byudzheth ugleroda listvennichnyih lesov Severo-Vostoka Rossii: monografiya*. Moskva: GOU VPO MGUL [In Russian].
 24. Shvidenko, A. Z., Storchinskiy, A. A., Savich, Yu. N., & Kashpor, S. N. (1987). *Normativno-spravochnyye materialy dlya taksatsii lesov Ukrainyi i Moldavii*. Kiev: Urozhay [In Ukrainian].
 25. Soloviy, I. (2016). *Otsinka mizhnarodnogo dosvidu ta protsedur/regulyuvan schodo kontseptsiyi plati za poslugi ekosistem v lisovomu sektori*. European Union: ENPI EAST FLEG II. [In Ukrainian].
 26. Sytnyk, S. A. (2019). Modeling of the trunk phytomass components of black locust stands in 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 printsipy. Proektyi sovmesnogo osuschestvleniya v Ukraine: [sbornik informatsionno-metodicheskikh materialov]*. Donetsk: ООО «UKRDRUK» [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 20.01.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Мороз В. В., Никитюк Ю. А. Вуглецепоглиняльна здатність соснових лісових насаджень Чернігівського Полісся. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 90–99.

© Мороз Віра Василівна, Никитюк Юрій Андрійович, 2020