

## ЗНИЖЕННЯ ВУГЛЕЦЕПОГЛИНАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ДЕРЕВОСТАНІВ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ ЧЕРЕЗ ЗАГИБЕЛЬ СОСНОВИХ ЛІСІВ

В.В. Мороз<sup>1</sup>, І.В. Шумигай<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Поліський національний університет

<sup>2</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН

*Визначено, що для збереження та збільшення кількості природних поглиначів вуглецю особливу увагу слід зосередити на системі покращення управління лісовими, ґрунтовими та іншими природними ресурсами. Серед 30-ти головних лісоутворювальних порід в Україні сосна звичайна (*Pinus silvestris* L.) є переважаною деревною породою, зокрема у Київському Поліссі. Проведений аналіз вуглецепоглиальної здатності соснових насаджень засвідчив, що останні акумулюють у своїй фітомасі 116,4 млн т вуглецю на 1 м<sup>2</sup> ділянок, вкритих лісовою рослинністю, щільність елемента сягає 116,3 кг. Встановлено, що внаслідок втрати лісових насаджень останніми роками вуглецепоглиальна здатність лісів знизилась.*

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

---

За останні десятиліття кліматичні зміни спричиняють низку негативних процесів, що впливають на лісові насадження, зокрема пожежі, всихання, розповсюдження фітохвороб та ентомошкідників. Ці чинники мають негативний вплив на деревні лісові ресурси, які могли слугувати додатковим джерелом прибутку на світовому ринку в розрізі Паризької угоди [1–3]. Зважаючи на це, на Міжнародних кліматичних переговорах ООН (COP 21) у 2015 р. була підписана Паризька угода, в якій взяли участь 197 країн світу. Серед 176 підписантів, що ратифікували угоду, Україна була однією із перших країн світу, яка затвердила її на державному рівні [1, 2, 4]. На конференції ООН зі зміни клімату в Парижі (2015 р.) розглядалася роль лісів у боротьбі з описаною проблемою. Важливість лісів ґрунтується на рамковій програмі ООН, схваленій у 2013 р. — REDD+ (скорочення викидів унаслідок знелісення і деградації лісів) [1].

В Україні науковою школою П.І. Лакиди розроблено шляхи та методи оцінки біо-

логічної продуктивності лісових насаджень [5]. Сучасний науковий моніторинг доповнено дослідженнями [6–8] та розробками іноземних науковців у галузі оцінки вуглецепоглиальної здатності деревостанів [9–12].

Метою досліджень було встановити за допомогою конверсійних коефіцієнтів відсутність збагачення бюджету України від продажу квот через втрату деревних лісових ресурсів [2, 4, 13].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Збір дослідного матеріалу проводили в державних підприємствах упродовж 2016–2019 рр., серед яких: Іванківське ЛГ (у лісництвах — Макарівське, Оранське, Розважівське, Білоберезьке, Жеревське, Леонівське, Обуховицьке, Феневицьке); Поліське ЛГ (у лісництвах — Радинське, Красятицьке, Стещинське, Зеленополянське); Тетерівське ЛГ (у лісництвах — Мигальське, Пісківське, Тетерівське, Кодрянське, Кухарське, Блідчанське, Мирчанське, Поташнянське), на територіях яких нами були закладені тимчасові пробні площі (ТПП).

Дослідний матеріал відбирали в різновікових соснових насадженнях II–IV категорій лісів Волинського Полісся. Тимчасові пробні площі закладали у соснових насадженнях згідно із СОУ 02.02-37-476:2006 «Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання». Загальна кількість пробних площ – 40 од.

Фітомасу деревини та кори в абсолютно сухому стані визначали за їх об’ємом відповідно до довідкових таблиць [14–16] та множили на показники середньої базисної щільності [5, 10, 17]:

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

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

Для визначення фітомаси кори сосни звичайної використовували рівняння [9, 11]:

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

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

Загальну фітомасу дерева визначали як суму окремих фітофракцій дерева (кора, деревина, крона) [5].

Обсяги поглинутого вуглецю встановлювали за допомогою конверсійно-об’ємних коефіцієнтів, що є відношенням окремих фракцій фітомаси до запасу деревини, і залежно від віку деревостану [5–7].

Статистичне і математичне моделювання здійснювали за допомогою пакета аналізу даних Microsoft Excel.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За наведеними формулами (1 і 2) встановлено фітомасу деревини, кори та крони сосни звичайної і побудовано кореляційну матрицю між показниками наземної фітомаси в абсолютно сухому стані та таксаційними показниками дерева (діаметр і висота). Результати аналізу наведено у таблиці 1.

Отримана кореляційна матриця вказує на тісний зв’язок (0,812–0,999) між усіма

Таблиця 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 крони, кг
Вік, років	1,00	–	–	–	–	–	–	–	–
Повнота	–0,668	1,00	–	–	–	–	–	–	–
Бонітет	0,396	–0,346	1,00	–	–	–	–	–	–
Середня висота, м	0,914	–0,632	0,233	1,00	–	–	–	–	–
Середній діаметр, см	0,812	–0,554	–0,077	0,841	1,00	–	–	–	–
Об’єм стовбура в корі, м <sup>3</sup>	0,872	–0,592	0,149	0,968	0,843	1,00	–	–	–
Фітомаса деревини, кг	0,873	–0,592	0,152	0,968	0,842	1,00	1,00	–	–
Фітомаса кори, кг	0,866	–0,592	0,132	0,965	0,852	0,999	0,999	1,00	–
Фітомаса крони, кг	0,872	–0,592	0,150	0,968	0,843	1,00	1,00	0,999	1,00

вказаними у таблиці показниками, окрім повноти та бонітету.

Для пошуку математичних моделей взаємозв'язку конверсійних коефіцієнтів со-  
снових насаджень застосовували функцію:

$$R_v = f(A, B, П, M), \quad (3)$$

де  $R_v$  – відповідні конверсійні коефіцієнти для кожної фітофракції дерева; А, Б, П, М – вік, бонітет, повнота, запас насадження у корі відповідно [16].

Як залежну змінну нами використано 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, м<sup>3</sup>/га [18–20].

Для отримання емпіричних рівнянь  $R_v$  були використані показники фітомаси тимчасових пробних площ, встановлюваних за рівняннями 1, 2.

Під час математичного моделювання були отримані такі рівняння:

$$\begin{aligned} & \text{для деревини} \\ R_{v(\text{дер})} &= 0,353 \times A^{0,016} \\ & \text{для кори} \\ R_{v(\text{кори})} &= 0,054 \times A^{-0,117} \\ & R^2 = 0,75 \end{aligned} \quad (6)$$

для крони

$$\begin{aligned} R_{v(\text{крони})} &= 0,530 \times A^{-0,510} \\ R^2 &= 0,74 \end{aligned} \quad (7)$$

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

Аналізуючи отримані рівняння залежності конверсійних коефіцієнтів, можна стверджувати про істотний вплив кожного введеного чинника на результативну ознаку. Значення коефіцієнтів детермінації цих показників становить 74–75% мінливості досліджуваних ознак.

На основі отриманих рівнянь та даних державного лісового кадастру нами встановлено обсяги фітомаси та вуглецю за групами віку соснових насаджень різної категорії лісів Київського Полісся (табл. 2).

Як свідчать данні (табл. 2), загальна площа вкритих лісовою рослинністю соснових лісових ділянок становить 211,2 тис. га (згідно з останнім обліком на 01.01.2011 р.). Із загальним запасом стовбурової деревини 62,5 млн м<sup>3</sup> вони акумулюють у своїй фітомасі 116,4 млн т вуглецю. Щільність фітомаси на 1 м<sup>2</sup> вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок сягає 238,6 кг. Найбільше поглинають вуглець у Київському Поліссі середньовікові соснові насадження – 56,7 млн т.

Таблиця 2

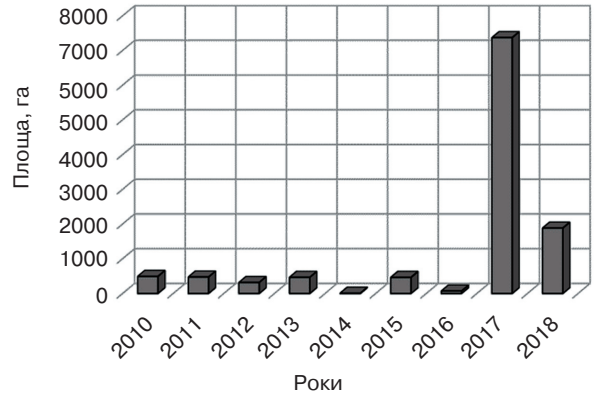
**Загальна фітомаса та вуглець у соснових лісових насадженнях Київського Полісся за групами віку**

Групи віку	Площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, тис. га	Запас стовбурової деревини, млн м <sup>3</sup>	Фітомаса		Вуглець	
			млн т	щільність, кг/м <sup>2</sup>	млн т	щільність, кг/м <sup>2</sup>
I вікова група	22,0	0,63	1,33	6,03	0,65	2,9
II вікова група	23,9	3,83	7,43	31,1	3,62	15,2
Середньовікові	98,0	31,4	58,9	60,1	28,7	29,3
Пристигаючі	47,5	19,4	35,6	74,9	17,4	36,5
Стиглі та перестійні	19,8	7,245	13,1	66,5	6,41	32,4
Разом	211,2	62,5	116,4	238,6	56,7	116,3

Останніми роками спостерігається збільшення втрачених площ, вкритих лісовою рослинністю, під сосновими ділянками внаслідок абіотичних, біотичних та антропогенних чинників (рисунок).

Загибель соснових лісових насаджень знижує вуглецепоглиняльну здатність лісів Київського Полісся, оскільки соснові дерева створюють значну їх частку у регіоні дослідження – 61%.

За отриманими конверсійними коефіцієнтами (формули 5–7) встановлено орієнтовний обсяг вуглецю, що могли поглинути втрачені соснові насадження (табл. 3).



Зменшення площ соснових лісових насаджень Київського Полісся за період 2010–2018 рр.

Таблиця 3

**Орієнтовний обсяг вуглецепоглиняльної здатності соснових деревостанів Українського Полісся**

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	57	0,24	10,8	0,05	10,8
2011	58	0,18	9,8	0,04	9,8
2012	59	0,27	10,2	0,06	10,1
2013	60	0,27	8,7	0,06	8,6
2014	61	0,51	7,7	0,12	7,6
2015	62	0,65	6,2	0,15	6,1
2016	63	0,64	5,0	0,15	4,9
2017	64	0,86	3,0	0,19	2,8
2018	65	1,3	4,1	0,29	3,8

Примітка: \* Показники згідно із даними Статистичного збірника [21].

Згідно із отриманими показниками, викиди діоксиду вуглецю за період 2010–2018 рр. становили 3,0–10,8 млн т. Щорічно втрачені лісові насадження могли депонувати у своїй фітомасі 0,05–0,29 млн т вуглецю, знижуючи рівень забруднення навколишнього природного середовища CO<sub>2</sub> у межах 1–7%.

Отже, збереженню і примноженню лісових насаджень слід надавати особливу увагу, оскільки згідно із Паризькою угодою

Україна може мати значний прибуток від продажу квот на світовому ринку.

**ВИСНОВКИ**

Встановлено, що соснові лісові насадження Київського Полісся у своїй фітомасі акумулюють 116,4 млн т вуглецю. Щільність вуглецю на 1 м<sup>2</sup> ділянок, вкритих лісовою рослинністю, сягає 116,3 кг. З'ясовано, що найбільше поглинають вуглець у Київському Поліссі середньовікові соснові насадження – 28,7 млн т.

Результати досліджень засвідчили, що втрачені лісові насадження за період 2010–2018 рр. унаслідок антропогенних, біотичних та абіотичних чинників могли depo-

нувати у своїй фітомасі 0,05–0,29 млн т вуглецю, знижуючи рівень забруднення навколишнього природного середовища CO<sub>2</sub> на 1–7%.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України від 14 липня 2016 р. № 1469-VIII «Про ратифікацію Паризької угоди» [Електронний ресурс] / Відомості Верховної Ради України (ВВР). — Режим доступу: [http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_l61](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_l61)
2. Партнерство заради ринкової готовності в Україні (PMR). Пропозиції щодо розвитку інструментів вуглецевого ціноутворення в Україні: звіт з моделювання [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina\\_klimatu](https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimatu)
3. Почтовюк А.Б. Торговля квотами как один из механизмов Киотского протокола / А.Б. Почтовюк, Е.А. Пряхина // Проблемы современной экономики. — 2012. — № 3(43). — С. 300–304.
4. Європейська система торгівлі викидами та перспективи впровадження системи торгівлі викидами в Україні: аналітичний документ [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.rac.org.ua/uploads/content/452/files/webetsinukraine2018ua.pdf>
5. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: монограф. / П.І. Лакида. — Тернопіль: Збруч, 2002. — 256 с.
6. Ловинська В.М. Локальна щільність компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) Північного Степу України / В.М. Ловинська // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — 2018. — Вип. 3. — С. 73–82.
7. Ловинська В.М. Надземна фітомаса стовбурів *Pinus sylvestris* L. у деревостанах північного степу України / В.М. Ловинська // Науковий вісник НЛТУ України. — 2018. — Т. 28, № 8. — С. 79–82.
8. Данилов Д.А. Особенности формирования запаса и товарной структуры модальных хвойных древостоев сосны и ели к возрасту спелого насаждения / Д.А. Данилов, Н.В. Беляева, А.В. Грязьки // Лесной журнал. — 2018. — № 2. — С. 40–48.
9. Аткин А.С. Способ и динамика органической массы в лесных сообществах / А.С. Аткин, Л.И. Аткина. — Екатеринбург, 1999. — 108 с.
10. Боровиков А.М. Справочник по древесине: справоч. / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев. — М.: Лесн. пром-сть, 1989. — 296 с.
11. Пат. № 2272402 С2 Российская федерация. Способ определения надземной фитомассы лесных насаждений / И.А. Алексеев, И.П. Куренкова, А.Н. Чешуин и др.; патентообладатель Марийский государственный технический университет. — Заявл. 25.03.2004; опубл. 27.03.2006, Бюл. 9. — 6 с.
12. Чуроков Б.П. Депонирование углерода разновозрастными культурами сосны / Б.П. Чуроков, Е.В. Манякина // Ульяновский медико-биологический журнал. — 2012. — № 1. — С. 125–129.
13. Соловій І. Оцінка міжнародного досвіду та процедур/регулювань щодо концепції плати за послуги екосистем в лісовому секторі [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://sfmu.org.ua/files/Soloviy\\_2016.pdf](http://sfmu.org.ua/files/Soloviy_2016.pdf)
14. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии / [А.З. Швиденко, А.А. Строчинский, Ю.Н. Савич, С.Н. Кашпор]. — К.: Урожай, 1987. — 560 с.
15. Кашпор С.М. Лісотаксацийний довідник / С.М. Кашпор, А.А. Строчинський. — К.: Вінніченко, 2013. — 496 с.
16. Использование аллометрических зависимостей для оценки фитомассы различных фракций деревьев и моделирования их динамики / [Ю.П. Демаков, А.С. Пуряев, В.Л. Черных, Л.В. Черных] // Вестник Поволжского государственного технологического университета. — 2015. — № 2(26). — С. 19–36.
17. Полубояринов О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. — 160 с.
18. Assessment of root-shoot ratio biomass and carbon storage of *Quercus brantii* Lindl. in the central Zagros forests of Iran / Y. Askari, A. Soltani, R. Akhavan, P. Tahmasebi Kohyani // Journal of forest science. — 2017. — No. 63. — P. 282–289.
19. Carbon Sequestration and Carbon Markets for Tree-Based Intercropping Systems in Southern Quebec, Canada [Електронний ресурс] / K.S. Winans, J.K. Whalen, D. Rivest [et al.] // Atmosphere. — 2016. — No. 17. — Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2073-4433/7/2/17/htm>
20. Zhao C. Quantifying and Mapping the Supply of and Demand for Carbon Storage and Sequestration Service from Urban Trees [Електронний ресурс] / C. Zhao, H.A. Sander // PLoS ONE. — 2015. — Режим доступу: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371>
21. Статистичний збірник: Довкілля України за 2010–2018 рр. / за ред. О.М. Прокопенко. — К.: Державна служба статистики України, 2018. — 225 с.

## REFERENCES

1. Zakon Ukrainy vid 14 July 2016 roku N 1469-VIII 1 «Pro ratyfikatsiyu Paryz'koyi uhody». Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny (VVR) [Law of Ukraine dated 14.07.2016 No 1469-VIII «On ratification of the Paris Agreement». Information of the Verkhovna Rada of Ukraine (IVR)]. (2016). zakon.

- rada.gov.ua*. Retrieved from: [http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_l61](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_l61) [In Ukrainian].
2. Partnerstvo zarady rynkovoyi hotovnosti v Ukraini (PMR). Propozytisyi shchodo rozvytku instrumentiv vuhletsevoho tsinoutvorennya v Ukraini: zvit z modelyuvannya [Partnership for Market Readiness in Ukraine (PMR). Proposals for developing carbon pricing tools in Ukraine: a simulation report]. (n.d). *memr.gov.ua*. Retrieved from: [https://memr.gov.ua/files/docs/Zmina\\_klimaty\[in Ukrainian\]](https://memr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty[in Ukrainian]).
  3. Pochtoviuk, A.B. & Priakhyna, E.A. (2012). Torgovlya kvotami kak odin iz mehanizmov Kiotskogo protokola [Emissions trading as one of the Kyoto Protocol]. *Problemyi sovremennoy ekonomiki – Problems of the modern economy*, 3(43), 300–304 [in Russian].
  4. Yevropeys'ka systema torhivli vykydamy ta perspektyvy vprovadzhennya systemy torhivli vykydamy v Ukraini: analitychnyy dokument [The European Emissions Trading Scheme and Prospects for Emissions Trading in Ukraine: An Analytical Document]. (n.d). *www.rac.org.ua*. Retrieved from: [https://www.rac.org.ua/uploads/content/452/files/websetinukraine2018ua.pdf\[in Ukrainian\]](https://www.rac.org.ua/uploads/content/452/files/websetinukraine2018ua.pdf[in Ukrainian]).
  5. Lakyda, P.I. (2002). *Fitomasa lisiv Ukrainy: monohrafiia* [Forest biomass Ukraine: monograph]. Ternopil [in Ukrainian].
  6. Lovynska, V.M. (2018). Lokalna schilnist komponentiv fitomasi stovbura sosni zvichaynoyi (*Pinus sylvestris* L.) Pivnichnogo Stepu Ukrainy [Local density of phytomass components of pine (*Pinus sylvestris* L.) trunk of Northern Steppe of Ukraine]. *Visnik agramoyi nauku Prichornomor'ya – Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 3, 73–78 [in Ukrainian].
  7. Lovynska, V.M. (2018). Nadzemna fitomasa stovburiv *Pinus sylvestris* L. u derevostanah pivnichnogo stepu Ukrainy [Above-ground biomass trunks *Pinus sylvestris* L. stands in the northern steppes of Ukraine]. *Naukoviy visnik NLTU Ukrainy – Ukrainian National Forestry University*, 28, 8, 79–82 [in Ukrainian].
  8. Danylov, D.A., Beliaeva, N.V. & Hriazyk, A.V. (2018). Osobennosti formirovaniya zapasa i tovarnoy strukturyi modalnykh hvoynnykh drevostoev sosnyi i eli k vozrastu spelogo nasazhdeniya [Features of the formation of the stock and commodity structure of modal coniferous stands of pine and spruce by the age of ripe plantings]. *Lesnoy zhurnal – Lesnoy Zhurnal*, 2, 40–48 [in Russian].
  9. Atkyn, A.S. & Atkyna, L.I. (1999). *Sposob i dinamika organicheskoy massyi v lesnykh soobshchestvah* [The method and dynamics of organic matter in forest communities]. Yekaterynburh [in Russian].
  10. Borovykov, A.M. & Uholev, B.N. (1989). *Spravochnik po drevesine* [Handbook on wood]. Moskva [in Russian].
  11. Alekseev, I.A. et al. (2006). Sposob opredeleniya nadzemnoy fitomassyi lesnykh nasazhdeniy [A method for determining the aboveground biomass of forest stands]. *Patent of the Russian Federation for the inventive method No. 2272402 S2; 27th Mart. Bul. No. 9, Russia* [in Russian].
  12. Churokov, B.P. & Maniakyna, E.V. (2012). Deponirovaniye ugleroda raznovozrastnyimi kulturami sosnyi [Carbon sequestration pine cultures of different ages]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal – Ulyanovsk Medico-Biological Journal*, 1, 125–129 [in Russian].
  13. Solovii, I. (2016). Otsinka mizhnarodnogo dosvidu ta protsedur / reguluyvan schodo kontseptsiyi plati za poslugi ekosistem v lisovomu sektori [Evaluation of international practices and procedures / regulations on the concept of payment for ecosystem services in the forestry sector]. *sfm.org.ua*. Retrieved from: [http://sfm.org.ua/files/Soloviy\\_2016.pdf\[in Ukrainian\]](http://sfm.org.ua/files/Soloviy_2016.pdf[in Ukrainian]).
  14. Shvydenko, A.Z., Strochynskiy, A.A., Savych, Yu.N. & Kashpor, S.N. (1987). *Normativno-spravochnyie materialy dlya taksatsii lesov Ukrainy i Moldavii* [Regulatory and reference materials for the forest inventory in Ukraine and Moldova]. Kyiv: Urozhay [in Ukrainian].
  15. Kashpor, S.M. & Strochynskiy, A.A. (2013). *Lisotaksatsiyinyi dovidnik* [Lisotaksatsiyinyi Directory]. Kyiv: Vid. dim «Vinnichenko» [in Ukrainian].
  16. Demakov, Yu.P., Puriaev, A.S., Chernykh V.L. & Chernykh L.V. (2015). Ispolzovanie allometricheskikh zavisimostey dlya otsenki fitomassyi razlichnykh fraktsiy derevev i modelirovaniya ih dinamiki [Using allometric relationships for evaluation of various trees phytomass fractions and their dynamics simulation]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Scientific journals of Volga State University of Technology*, 2 (26), 19–36 [in Russian].
  17. Poluboiarynov, O.I. (1976). *Plotnost drevesinyi* [Wood density]. Moskva [in Russian].
  18. Askari, Y., Soltani, A., Akhavan, R. & Tahmasebi Kohyani, P. (2017). Assessment of root-shoot ratio biomass and carbon storage of *Quercus brantii* Lindl. in the central Zagros forests of Iran. *Journal of forest science*, 63, 282–289 [in English].
  19. Winans, K.S., Whalen, J.K., Rivest, D., Cogliastro, A. & Bradley, R.L. (2016). Carbon Sequestration and Carbon Markets for Tree-Based Intercropping Systems in Southern Quebec, Canada. *Atmosphere*, 17. Retrieved from: [https://www.mdpi.com/2073-4433/7/2/17/htm\[in English\]](https://www.mdpi.com/2073-4433/7/2/17/htm[in English]).
  20. Zhao, C. & Sander, H.A. (2015). Quantifying and Mapping the Supply of and Demand for Carbon Storage and Sequestration Service from Urban Trees. *PLoS ONE*. Retrieved from: [https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371\[in English\]](https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371[in English]).
  21. Prokopenko, O. (2018). *Statystychnyy zbirnyk: Dovkillya Ukrainy za 2010–2018 rr.* [Statistical yearbook: Environment of Ukraine. 2010–2018]. Kyiv: State Statistics Service of Ukraine [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.01.2020