

УДК 630\*5:582.632.1(477.51/52)

**ДЕПОНОВАНИЙ ВУГЛЕЦЬ У МОРТМАСІ БЕРЕЗОВИХ  
НАСАДЖЕНЬ ЧЕРНІГІВЩИНИ**

**Я. В. КОВБАСА**, кандидат сільськогосподарських наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*E-mail: yarik.kovbasa @nubip.edu.ua*

***Анотація.** Зібрано експериментальний матеріал оцінювання мортмаси березняків на 32 тичасових пробних площах. Проведено аналіз дослідних даних компонентів мортмаси лісу. Здійснено пошук залежностей між таксаційними показниками деревостанів і мортмасою насаджень. Проведено моделювання компонентів мортмаси березових насаджень залежно від основних таксаційних показників деревостанів. Побудовано нормативно-довідкові таблиці для оцінювання мортмаси березняків за компонентами. Розроблено нормативно-довідкові таблиці для оцінювання депонованого вуглецю в компонентах мортмаси березняків. Проаналізовано структуру депонованого вуглецю в органічній речовині відмерлих рослин за компонентами мортмаси. Для березняків Чернігівщини встановлено загальний обсяг мортмаси та депонованого в ній вуглецю.*

***Ключові слова:** сухостій, деревна ламань, гілки, лісова підстилка, нормативно-довідкові матеріали.*

**Вступ.** Ліси планети є одним із головних стабілізуювальних природних механізмів, які поглинають індустріальні та транспортні викиди вуглекислого газу в атмосферу Землі. Депонування вуглецю відбувається у фітомасі живих рослин лісових насаджень та їхній мортмасі, до завершення деструкції деревини.

Березняки, в першу чергу, забезпечують виконання екологічних функцій, однією з головних яких є здатність депонувати вуглець у біомасі лісів. Для вирішення ресурсознавчих, енергетичних і екологічних проблем досліджуваного регіону потрібна розробка комплексу нормативно-інформаційного забезпечення для оцінювання мортмаси лісових насаджень.

Депонування вуглецю в біомасі березняків відбувається в процесі росту і розвитку дерев, а також у процесі формування відпаду.

Деструкційна ланка циклу вуглецю забезпечує повернення в атмосферу зв'язаних у біомасі атомів вуглецю шляхом гетеротрофного дихання і мінералізаційного потоку. Перший процес здійснюється переважно консументами I і II порядків і відбувається в межах наземних екосистем й поверхневих вод світового океану, другий – редуцентами, які локалізовані у ґрунтовому блоці наземних екосистем [3].

Під час оцінювання вуглецевого бюджету лісів як резервуарів

вуглецю, зазвичай, розглядають 4 резервуари: фітомаса лісової рослинності, детрит (відмерлий органічний матеріал), ґрунтовий гумус та вуглекислий газ атмосфери [1; 4; 7; 8].

Вуглецеву ємність резервуару детриту визначає річне надходження в підстилку опаду і великих деревних залишків (відпад), а також інтенсивність деструкційних процесів [6]. Накопичення фітодетриту безпосередньо пов'язано з продуктивністю фотосинтезу [11].

**Мета дослідження:** встановити кількість депонованого вуглецю в компонентах мортмаси берези повислої.

**Методика та матеріали.** Збір експериментальних дослідних даних здійснювали в Чернігівській області, де закладено 32 тимчасові пробні площі. Для оцінювання мортмаси березових насаджень було використано методику дослідження мортмаси лісу [2]. Закладання прямокутних тимчасових пробних площ відповідно до стандартизованих вимог [5].

**Результати дослідження.** Методична основа оцінювання депонованого вуглецю в мортмасі березових насаджень ґрунтується на дослідженні вуглецю у фітомасі лісових насаджень. За результатами оцінювання на тимчасових пробних площах компонентів мортмаси березових насаджень здійснено математичне моделювання основних компонентів. Враховуючи наявний досвід моделювання фітомаси деревостанів, розроблення моделей базувалась на використанні ступеневої функції. Основу створення математичних моделей залежності компонентів надземної мортмаси березових деревостанів від основних таксаційних показників складала така залежність:

$$M_i = f(D, H, P),$$

де  $M_i$  – компоненти надземної мортмаси березових деревостанів в абсолютно сухому стані, т·га<sup>-1</sup>;  $f(D, H, P)$  – функції відповідних таксаційних ознак деревостану.

Значущість впливу факторів на досліджувані компоненти мортмаси оцінювали на 5 %-му рівні.

Розроблені трифакторні математичні моделі для оцінювання мортмаси березових деревостанів використано під час створення нормативно-довідкових матеріалів для оцінювання вмісту вуглецю. У регресійні рівняння вводили середні значення основних таксаційних показників насаджень ( $D, H, P$ ), що мають тісний зв'язок із компонентами мортмаси (табл. 1).

Нормативно-довідкові матеріали для оцінювання вмісту вуглецю розроблено на основі математичних моделей (1, 2, 3, 4, 5) для оцінювання компонентів мортмаси та запасу стовбурів у корі березових деревостанів (6), а також використано перевідний коефіцієнт – 0,50 для деревини із сухостійних дерев, сухих гілок живих дерев, деревної ламані та грубих гілок [9]. Для аналізу фізичних показників депонованого вуглецю у мортмасі підстилки березових насаджень використано перевідний коефіцієнт – 0,37 [10].

## 1. Математичні моделі для оцінювання компонентів мортмаси березняків

Номер моделі	Модель	Коефіцієнт детермінації ( $R^2$ )
<i>Для оцінювання сухостійних дерев</i>		
1	$M_c = 0,016 \cdot D^{0,765} \cdot H^{1,086} \cdot P^{1,074}$	0,88
<i>Для оцінювання сухих гілок живих дерев</i>		
2	$M_{сг} = 0,112 \cdot D^{-0,559} \cdot H^{-0,589} \cdot P^{-0,326}$	0,92
<i>Для оцінювання деревної ламані</i>		
3	$M_{дл} = 0,009 \cdot D^{2,536} \cdot H^{0,562} \cdot P^{0,586}$	0,77
<i>Для оцінювання грубих гілок</i>		
4	$M_{гг} = 0,293 \cdot 10^{-2} \cdot D^{1,207} \cdot H^{-0,902} \cdot P^{1,288}$	0,72
<i>Для оцінювання лісової підстилки</i>		
5	$R_{л(п)} = 0,503 \cdot D^{0,515} \cdot H^{0,416} \cdot P^{0,582}$	0,81
<i>Для оцінювання загального запасу деревостану</i>		
6	$M = 13,105 \cdot D^{0,368} \cdot H^{0,634} \cdot P^{0,935}$	0,87

Використовуючи розроблені нормативно-довідкові матеріали, можна оперативно здійснити експертне оцінювання вмісту вуглецю в досліджуваному компоненті, за умови наявності даних про необхідні значення середніх таксаційних показників.

Основне призначення розроблених таблиць – використання з метою оцінювання вмісту вуглецю в мортмасі березових деревостанів із відносною повнотою 0,6–0,8, середньою висотою в межах від 6 до 28 м і середнім діаметром – від 4 до 34 см включно.

За результатом моделювання компонентів мортмаси березняків встановлено, що вміст депонованого вуглецю в сухостійних деревах березових насаджень змінюється від 0,1 до 3,0 т·га<sup>-1</sup>, своєю чергою вміст депонованого вуглецю в сухих гілках з живих дерев березових насаджень змінюється від 0,5 до 0,3 т·га<sup>-1</sup>. Як бачимо, кількісні показники депонованого вуглецю в мортмасі сухих гілок з живих дерев зменшуються до віку стиглості.

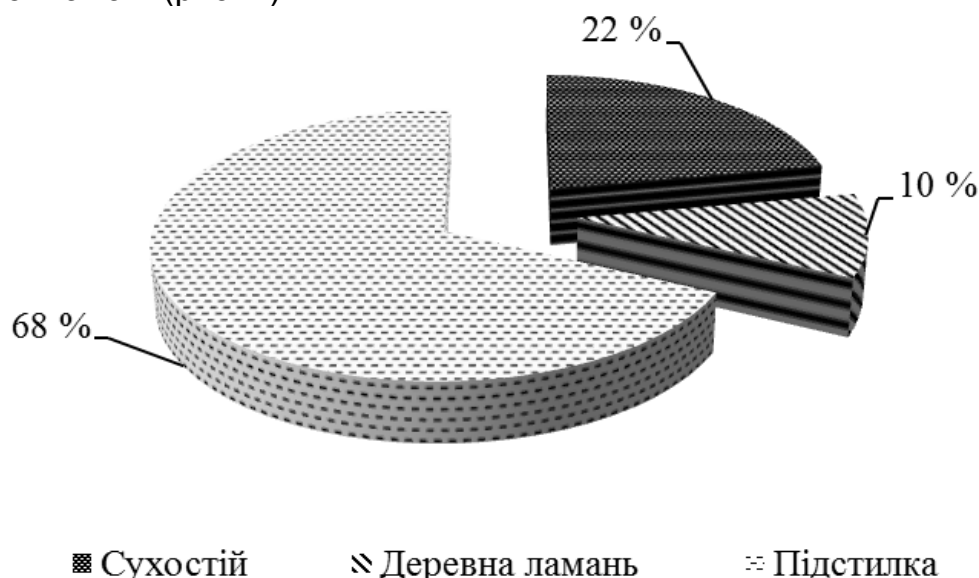
Загалом депонований вуглець в деревній ламані змінюється від 0,04 т·га<sup>-1</sup> у молодому віці і збільшується до 3,0 т·га<sup>-1</sup> у віці стиглості. Для розрахунку нормативно-довідкової інформації оцінювання мортмаси грубих гілок березових деревостанів у абсолютно сухому стані на одиницю площі використовували математичні моделі з трьома факторами впливу. Вміст депонованого вуглецю в грубих гілках березових насаджень змінюється від 0,02 до 1,3 т·га<sup>-1</sup>. Кількісні показники депонованого вуглецю в підстилці березових насаджень змінюється від 2,6 до 2,7 т·га<sup>-1</sup>.

Також проведено оцінювання загальних запасів вуглецю в мортмасі березових насаджень. Фрагмент нормативно-довідкових матеріалів наведено в табл. 2. Згідно з отриманими дослідними даними, депонований вуглець у мортмасі березняків може становити від 4,2 т·га<sup>-1</sup> до 12,6 т·га<sup>-1</sup>.

**2. Депонований вуглець у мортмасі березових насаджень, т·га<sup>-1</sup>**

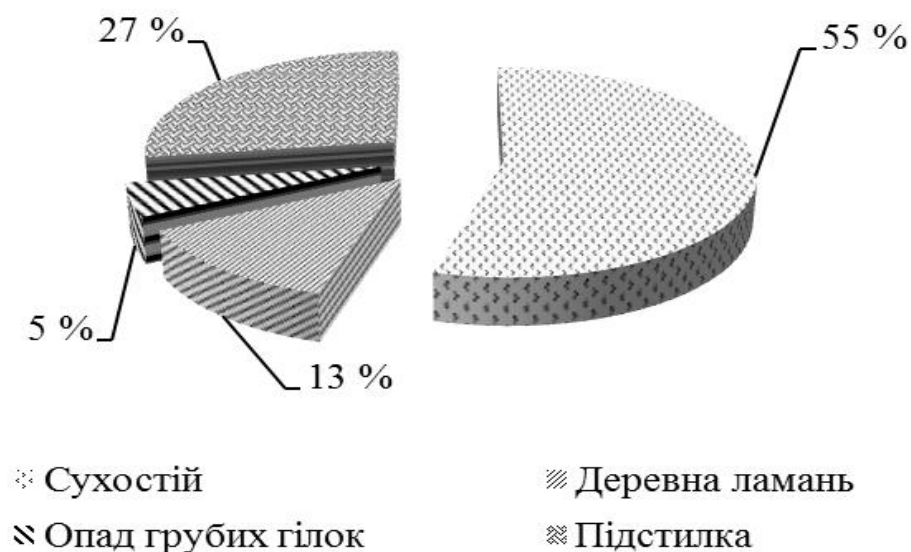
Середній діаметр,	Середня висота, м											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
	<i>Відносна повнота 0,7</i>											
4	4,2	4,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	4,1	4,3	4,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	4,4	4,6	4,8	5,0	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	4,7	4,9	5,1	5,3	–	–	–	–	–	–
12	–	–	–	5,1	5,3	5,5	5,7	–	–	–	–	–
14	–	–	–	–	5,5	5,7	5,9	6,1	–	–	–	–
16	–	–	–	–	–	6,0	6,2	6,5	6,7	–	–	–
18	–	–	–	–	–	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	–	–
20	–	–	–	–	–	–	7,0	7,2	7,4	7,7	7,9	–
22	–	–	–	–	–	–	–	7,7	7,9	8,1	8,3	8,6
24	–	–	–	–	–	–	–	–	8,5	8,7	8,9	9,1
26	–	–	–	–	–	–	–	–	9,0	9,2	9,5	9,7
28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9,9	10,1	10,
30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10,6	10,8	11,
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11,6	11,
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12,4	12,

Графічний аналіз дослідних даних більш детально показує структуру депонованого вуглецю в мортмасі березових насаджень. Згідно з дослідними даними, в березових молодняках найбільша кількість депонованого вуглецю зосереджена в мортмасі підстилки, а саме в опаді листя – 64 і 4 % в опаді дрібних гілок, децю менша частка в мортмасі сухостою: в сухих гілках живих дерев – 18 і 4 % вуглецю зосереджено в мортмасі сухостійних дерев, решта – 10 % утримується в мортмасі деревної ламані (рис. 1).



**Рис. 1. Структура депонованого вуглецю за компонентами мортмаси в березовому насажденні (10 років), %**

Аналіз структури депонованого вуглецю в пристиглому березовому насадженні (53 роки) показує, що частка органічного вуглецю, яка може бути зосереджена в надземній мортмасі сухою становить 55 %, з них в мортмасі сухостійних дерев – 47 і 8 % в сухих гілках із живих дерев (рис. 2).



**Рис. 2. Структура депонованого вуглецю за компонентами мортмаси в пристиглому березовому насадженні (53 роки), %**

Частка вуглецю в мортмасі підстилки становить 27 %, з них в опаді листя – 22 і 5 % в опаді дрібних гілок. Решта (18 %) вуглецю утримується деревною ламанню (13 %) та в опаді грубих гілок (5 %).

З використанням інформації повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроект» станом на 01.01.2011 р. та створених математичних моделей (1, 2, 3, 4, 5) здійснено загальне оцінювання мортмаси березняків та депонованого вуглецю в мортмасі березових насаджень Чернігівської області (табл. 3).

### 3. Загальна мортмаса березових лісів Чернігівщини та депонований у ній вуглець

Показник	Загальна мортмаса регіону досліджень, ГгС	Депонований вуглець, ГгС
Сухостій, у тому числі:	260	130
сухостійні дерева	211	106
сухі гілки живих дерев	49	24
Деревна ламань	273	136
Опад грубих гілок	85	42
Підстилка, у тому числі:	451	182
опад листя	336	124
опад дрібних гілок	115	58

Відповідно до отриманих даних найбільша частка мортмаси березових насаджень зосереджена в підстилці (42 %), а найменша частка

мортмаси належить мортмасі сухих гілок живих дерев (5 %).

Найбільший обсяг вуглецю депонованого у відмерлій рослинній органічній речовині виявлено у мортмасі лісової підстилки – 182 тис. т та мортмасі деревної ламані – 130 тис. т, найменше – у сухих гілках живих дерев – 24 тис. т.

**Висновки.** За результатом досліджень вміст депонованого вуглецю в сухостійних деревах березових насаджень змінюється від 0,11 до 3,0 т·га<sup>-1</sup>, своєю чергою, вміст депонованого вуглецю в сухих гілках з живих дерев березових насаджень змінюється від 0,49 до 0,35 т·га<sup>-1</sup>. Вміст вуглецю в мортмасі деревної ламані у модальних молодняках може становити 0,04 т·га<sup>-1</sup>, а ближче до віку стиглості – 3,0 т·га<sup>-1</sup>. Вміст депонованого вуглецю в грубих гілках березових насаджень змінюється від 0,02 до 1,32 т·га<sup>-1</sup>. Кількісні показники депонованого вуглецю в підстилці березових насаджень змінюється від 2,6 до 2,7 т·га<sup>-1</sup>. Найбільший обсяг депонованого вуглецю у відмерлій рослинній органічній речовині березняків виявлено у мортмасі лісової підстилки, а найменший – у сухих гілках живих дерев.

#### Список використаних джерел

1. Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность и круговорот элементов в растительных сообществах / Н. И. Базилевич, Л. Е. Родин. – Л. : Наука, 1971. – 314 с.
2. Білоус А. М. Методика дослідження мортмаси лісів / А. М. Білоус // Біоресурси і природокористування. – 2014. – Т. 6, № 3–4. – С. 134–140.
3. Ведрова Э. Ф. Деструкционные процессы в углеродном цикле лесных экосистем енисейского меридиана : автореф. дис. д-ра биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / Э. Ф. Ведрова ; Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. – Красноярск, 2005. – 60 с.
4. Ведрова Э. Ф. Структура органического вещества северо-таежных экосистем Среднего Сибири / Э. Ф. Ведрова, Ф. И. Плешиков, В. Я. Каплуно // Лесоведение. – 2002. – С. 1–3.
5. Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання: СОУ 02.02-37-476 : 2006. – [Введ. з 2006-12-26]. – К. : Мінагрополітики України, 2006. – 32 с.
6. Рожак В. П. Цикл вуглецю в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати) / В. П. Рожак : дис. канд. біологічних наук : 03.00.16 / В. П. Рожак ; Ін-т екології Карпат. – Львів, 2015. – 160 с.
7. Швиденко А. З. Биосферная роль лесов России на старте тысячелетия: углеродный бюджет и Протокол Киото / А. З. Швиденко, Е. А. Ваганов, С. Нильссон // Сибирский экологический журнал. – 2003. – № 6. – С. 649–658.
8. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России (Аналитический обзор) / [А. С. Исаев, Г. Н. Коровин, В. И. Сухих и др.]. – М., 1995. – 156 с.
9. Matthews G. The Carbon Contents of Trees / G. Matthews // Forestry Commission, Tech. Paper 4. – Edinburgh, 1993. – 21 p.

10. Mukhortova L. V. Dynamics of Organic Matter Decomposition and Microflora Composition of Forest Litter in Artificial Biogeocenoses / L. V. Mukhortova, S. Yu. Evgrafova // *Biology Bulletin*. – 2005. – Vol. 32, № 6. – P. 609–614.
11. Stevens V. The ecological role of coarse woody debris, an overview of the ecological importance of CWD in BC forests / V. Stevens // Working paper ministry of forest research program. – British Columbia, 1997. – № 30/97.

### References

1. Bazylevych, N. Y., Rodyn, L. E. (1971). *Byolohycheskaya produktyvnost' y kruhovorot elementov v rastytel'nykh soobshchestvakh* [Biological Productivity and Circulation of Elements in Plant Communities]. Leningrad, 314.
2. Bilous, A. M. (2014). *Metodyka doslidzhennia mortmasy lisiv* [Methodology of the research mortmass of forest] *Biological Resources and Nature Management*, 6, 3–4, 134–140. Available at: [www.irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis\\_64.exe](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis_64.exe).
3. Vedrova, E. F. (2005). *Destruktsyonnye protsessy v uhlernom tsykle lesnykh ekosystem enyseyskoho merydyana* [Destructive processes in the carbon cycle of the forest ecosystems of the Yenisei meridian]. Extended abstract of Doctor's thesis. Krasnoyarsk, 60.
4. Vedrova, E. F., et al. (2002). *Struktura orhanycheskoho veshchestva severo-taizhnykh ekosystem Sredneho Sybyra* [Structure of the organic matter of the northern taiga ecosystems of Middle Siberia]. *Lesovedeniye*, 1–3.
5. *Probnii ploshchi lisovporyadni. Metod zakladannya: SOU 02.02-37-476 : 2006.* (2006). [Test area for forest management. Method of laying] Kyiv, 32.
6. Rozhak, V. P. (2015). *Tsykl vuhletsyu v lisovykh ekosystemakh Stryys'ko-Syans'koyi Verkhovyny (Ukrayins'ki Karpaty)* [Cycle of carbon in the forest ecosystems of the Stryiska-Syan Verkhovyna (Ukrainian Carpathians)]. Candidate's thesis. L'viv, 160.
7. Shvydenko, A. Z., et al. (2003). *Byosfernaya rol' lesov Rossyy na starte tysyacheletyia: uhlernyy byudzhel y Protokol Kyoto* [Biosphere role of Russian forests at the start of the millennium: the carbon budget and the Kyoto Protocol]. *Sybyrskyy ekolohycheskyy zhurnal*, 6, 649–658.
8. Ysaev, A. S., et al. (1995). *Ekolohycheskiye problemy pohloshchenyia uhlekysloho haza posredstvom lesovosstanovlenyia y lesorazvedenyia v Rossyy (Analytycheskyy obzor)* [Environmental problems of carbon dioxide absorption through reforestation and afforestation in Russia (Analytical review)]. Moskva, 156.
9. Matthews, G. (1993). *The Carbon Contents of Trees* Forestry Commission. Tech. Paper 4. Edinburgh, 21.
10. Mukhortova, L. V., Evgrafova, S. Yu. (2005). Dynamics of Organic Matter Decomposition and Microflora Composition of Forest Litter in Artificial Biogeocenoses *Biology Bulletin*, 32, 6, 609–614.

11. Stevens, V. (1997). The ecological role of coarse woody debris, an overview of the ecological importance of CWD in BC forests – Working paper ministry of forest research program. – British Columbia – № 30/97.

## ДЕПОНИРОВАННЫХ УГЛЕРОД В МОРТМАСИ БЕРЕЗОВИХ НАСАЖДЕНИЙ ЧЕРНИГОВЩИНЫ

Я. В. Ковбаса

**Аннотация.** Собрано экспериментальный материал оценивания мортмассы березняков на 32 временных пробных площадях. Проведен анализ исследовательских данных компонентов мортмассы леса. Осуществлен поиск зависимостей между таксационными показателями древостоев и мортмассой насаждений. Проведено моделирование компонентов мортмассы березовых насаждений в зависимости от основных таксационных показателей древостоев. Построено нормативно-справочные таблицы для оценки мортмассы березняков по компонентам. Разработаны нормативно-справочные таблицы для оценки депонированного углерода в компонентах мортмассы березняков. Проанализирована структура депонированного углерода в органическом веществе отмерших растений по компонентам мортмассы. Для березняков Черниговщины установлен общий объем мортмассы и депонированного в ней углерода.

**Ключевые слова:** сухостой, валеж, ветви, лесная подстилка, нормативно-справочные материалы.

## DEPENDENT CARBON IN MORTMAS OF BROWN CAUSES OF CHERNIGIVSHCHYN

Ia. Kovbasa

**Abstract.** The experimental material for evaluation mortmass of birch in 32 temporal test areas was collected. The analysis of the research data of the components of mortmass forest is carried out. The search was made for the relationship between forestry inventory of tree stands and mortar plantations. The modeling of the components of the mortmass of birch forestry is carried out depending on the main forestry inventory of the stands. The normative reference information for estimation of mortmass of birch trees by components were constructed. The normative reference information for evaluating deposited carbon in the components mortmass of birch have been developed. The structure of deposited carbon in the organic material of dead plants is analyzed on the components of mortmass. For birch forests in Chernigiv region, the total volume of mortmass and the amount of carbon deposited in it are established.

**Keywords:** snags, logs, branches, forest litter, normative reference information.