

МОДЕЛЮВАННЯ МОРТМАСИ ГРУБИХ ГІЛОК БЕРЕЗОВИХ ЛІСІВ ЧЕРНІГІВЩИНИ

Я. В. Ковбаса, аспірант*,

Опрацьовано теоретичні основи поділу компонентів мортмаси березових насаджень за класами деструкції. Наведено методичні підходи для комплексного дослідження мортмаси грубих гілок (>1 см) у березових насадженнях. Представлено загальні характеристики мортмаси опаду грубих гілок за класами деструкції. Показано методичні особливості таксації компонентів мортмаси березняків для встановлення її кількісних та якісних параметрів. Проведено експериментальну оцінку мортмаси гілок, статистичний та графічний аналіз дослідних даних залежно від основних таксаційних показників. Розроблено математичні моделі для оцінки опаду грубих гілок в абсолютно сухому стані на 1 га лісових насаджень.

Ключові слова: береза повисла (*Betula pendula* Roth.), мортмаса, середній діаметр, середня висота, відносна повнота, грубі гілки, деструкція, базисна щільність, модель.

Ліси планети є одним з головних стабілізуючих природних механізмів, які поглинають індустріальні та транспортні викиди вуглекислого газу в атмосферу Землі. Депонування вуглецю відбувається у фітомасі живих рослин лісових насаджень та їх мортмасі до завершення розкладання деревини.

На фоні екологізації лісогосподарських досліджень, оцінка біопродуктивності лісів України за компонентами фітомаси і мортмаси дозволить вирішити не тільки екологічні і лісівничі питання регіонального та державного рівня, а й забезпечить можливість внести свій вклад в інтеграцію України у міжнародній спільноті шляхом виконання міжнародних зобов'язань у сфері лісового господарства та охорони природи.

* Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук А. М. Білоус

Для забезпечення комплексності лісових досліджень та отримання більш вичерпної інформації про біопродуктивність, вчені збагатили лісову науку новими та цікавими знаннями, якими є мортмаса або детрит [1, 4, 6, 7, 10].

Існуючий науковий доробок дозволив виявити, що процес розкладання мортмаси забезпечує постійне надходження мінеральних і органічних речовин у ґрунт і вуглекислого газу в атмосферу [8, 9]. З іншого боку, накопичення мортмаси суттєво посилює вірогідність виникнення пожеж [8]. Мортмаса – це не тільки деревина, в якій депонується вуглець, а й середовище існування для основної кількості живих організмів [4]. Динаміка і зміна запасу мортмаси високі і асоціюються з сезонними, річними і сукцесійними часовими шкалами [10].

Мортмаса грубих гілок – органічна речовина мертвих гілок діаметром (d) понад 1 см, відокремлених від живих дерев, опалих на поверхню ґрунту під час їх росту й очищення стовбура та/або опалих у процесі деструкції сухостійних дерев і деревної ламані. До мортмаси грубих гілок переважно належить опад цілих гілок або їх фрагментів з діаметром понад 1 см, походження яких можна візуально визначити [1].

Мета роботи – встановити кількісні характеристики мортмаси грубих гілок у лісах Чернігівської області та розробити математичні моделі для її оцінки.

Матеріали і методика досліджень. Закладання тимчасових пробних площ проводилося згідно з чинними вимогами [6]. Для збору дослідних даних мортмаси березняків Чернігівщини використана спеціальна методика [1]. Для забезпечення комплексного підходу під час дослідження мортмаси грубих гілок проводили оцінку надземної фітомаси березових деревостанів на тимчасових пробних площах за методикою П. І. Лакиди [2, 3]. На тимчасовій пробній площі (ТПП) грубі гілки ($d > 1$ см) (рис. 1) оцінювали, як правило, шляхом суцільного збирання на трьох-п'яти пробних ділянках розміром 5×5 м – у молодняках, 10×10 м – у середньовікових та 20×20 м – у стиглих насадженнях. Під час збору гілок їх диференціювали за I-V класом розкладання і зважували. На кожній ТПП, з усіх класів розкладання відбирали по три зразки мортмаси гілок для подальшого

визначення в ній вмісту абсолютно сухої речовини. Усі пробні ділянки закладалися по діагоналі або у шаховому порядку на ТПП.



Рис. 1. Мортмаса грубих гілок берези повислої

На кожній ТПП здійснювали детальний морфологічний опис компонентів мортмаси кожного класу розкладання.

Для встановлення в лабораторних умовах видового складу мікроорганізмів, які беруть участь у розкладанні деревини, відбирали по три зразки мортмаси гілок (усіх класів розкладання) в різних частинах ТПП. Крім того на ТПП здійснювали загальне фітопатологічне обстеження.

Дані середнього значення вмісту абсолютно сухої речовини використовували виключно для визначення мортмаси насадження, в якому були відібрані дослідні зразки.

Усі дані обліку грубих гілок у польових умовах записували в спеціальні бланки, в камеральних умовах зводили в робочі масиви дослідних даних мортмаси в абсолютно сухому стані для їх статистичної, аналітичної і графічної обробки та подальшого математичного моделювання. Дослідні дані обробляли з допомогою прикладних програм *PERTA*, *MS EXCEL* та *STATISTICA 10*.

Результати досліджень. Проведені польові та камеральні роботи дозволили сформувати масив дослідних даних для визначення кількісних показників мортмаси грубих гілок та її моделювання.

За результатами аналізу структури мортмаси за класами деструкції встановлено, що частка мортмаси I класу становить 17 %, II класу – 22 %, III класу – 37 %, IV класу – 18 %, V класу – 6 % від загальної маси органічної речовини опаду грубих гілок в абсолютно сухому стані (рис. 2).

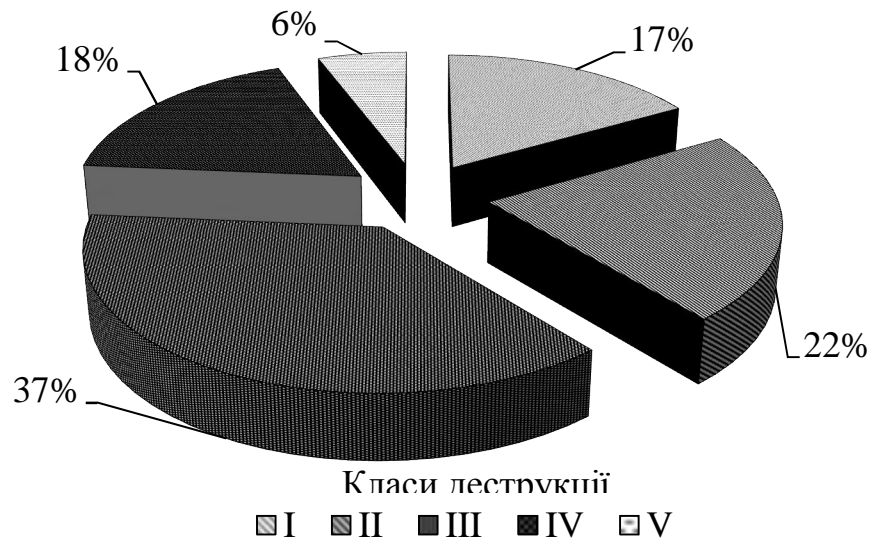


Рис. 2. Структура загальної мортмаси гілок за класами деструкції

Під час аналізу розподілу мортмаси за класами деструкції (рис. 3) у насадженнях різних груп віку з'ясовано, що в молодняках переважали гілки I класу деструкції, в середньовікових насадженнях виявлено найбільше мортмаси II та III класу деструкції, в пристиглих також переважали II та III клас, у віці стиглості встановлено найбільшу їх кількість в III та IV класах деструкції, що свідчить про інтенсивне руйнування досліджуваного компонента.

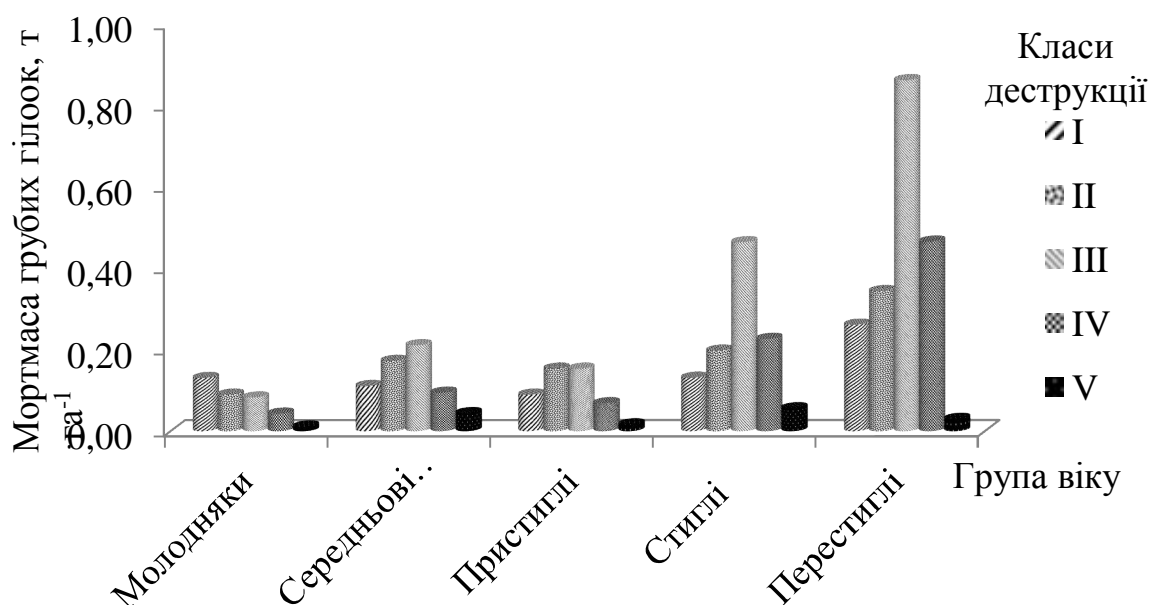


Рис. 3. Розподіл мортмаси грубих гілок за групами віку та класами деструкції

У табл. 1 наведено значення коефіцієнтів кореляції, що характеризують тісноту кореляційного зв'язку загальної мортмаси грубих гілок ($M_{ГГ}$, т·га⁻¹) у абсолютно сухому стані та мортмаси гілок за класами деструкції ($M_{ГГI}$, $M_{ГГII}$, $M_{ГГIII}$, $M_{ГГIV}$, $M_{ГГV}$) з середнім діаметром (D , см), середньою висотою (H , м), віком (A , років), відносною повнотою (P), бонітетом (B) та запасом деревостану (M , м³·га⁻¹) березових деревостанів. Кореляційний аналіз було здійснено за результатами 32 спостережень, проведених в регіоні дослідження, за яким підтверджується значущість лінійного зв'язку на 5%–ному рівні ($r_{кр} = 0,36$) в усіх випадках, крім зв'язку між відносною повнотою та бонітетом.

1. Кореляція біометричних показників і грубих гілок березняків

Показник	A , років	D , см	H , м	P	B	M , м ³ ·га ⁻¹	$M_{ГГI}$	$M_{ГГII}$	$M_{ГГIII}$	$M_{ГГIV}$	$M_{ГГV}$	$M_{ГГ}$, т·га ⁻¹
A , років	1,00											
D , см	0,86	1,00										
H , м	0,85	0,94	1,00									
P	-0,30	-0,44	-0,44	1,00								
B	0,31	0,17	0,32	0,16	1,00							
M , м ³ ·га ⁻¹	0,79	0,80	0,86	-0,06	0,18	1,00						
$M_{ГГI}$, т·га ⁻¹	0,46	0,40	0,43	-0,41	0,02	0,38	1,00					
$M_{ГГII}$, т·га ⁻¹	0,55	0,43	0,54	-0,09	0,11	0,59	0,70	1,00				
$M_{ГГIII}$, т·га ⁻¹	0,71	0,61	0,63	-0,09	0,34	0,66	0,32	0,55	1,00			
$M_{ГГIV}$, т·га ⁻¹	0,68	0,65	0,58	-0,05	0,34	0,69	0,24	0,37	0,87	1,00		
$M_{ГГV}$, т·га ⁻¹	0,28	0,26	0,31	-0,02	0,07	0,29	0,38	0,54	0,50	0,41	1,00	
$M_{ГГ}$, т·га ⁻¹	0,83	0,78	0,76	-0,18	0,32	0,69	0,38	0,59	0,86	0,78	0,47	1,00

Для встановлення адекватності і доцільності процесу моделювання було проведено статистичний аналіз дослідних даних. Результати статистичного опису робочих масивів дослідних даних для моделювання наведено в табл. 2.

2. Статистична характеристика дослідних даних

Показник	Значення		Статистики			
	мінімальне	максимальне	середнє значення	стандартне відхилення	асиметрія	ексцес
A , років	10	81	30,64	14,06	0,654	0,243
D , см	2,5	25,1	12,68	4,98	0,024	-0,580
H , м	5,8	24,1	16,40	4,45	-0,445	-0,408
P	0,35	1,11	0,72	0,12	0,341	1,001

<i>B</i>	III	Γ^e	5,0	1,56	-0,084	-0,556
$M_{\Gamma\Gamma}, \text{т} \cdot \text{га}^{-1}$	0,13	1,97	0,54	0,39	1,439	-0,933

Аналіз основних статистик розподілу таксаційних показників і компонентів мортмаси березових деревостанів свідчить про деяку невідповідність нормальному розподілу (крім розподілу середньої висоти, середнього діаметра та бонітету деревостанів). Асиметрія та ексцес розподілів таксаційних показників і компонентів мортмаси березняків у більшості випадків не перевищували критичних значень ($A_{\text{кр}}=0,645$, $E_{\text{кр}}=0,850$), окрім розподілів за віком, повнотою та запасом мортмаси гілок (>1 см).

Для компонентів мортмаси отримано одно-, дво- і трифакторні математичні моделі (1–9) з високими коефіцієнтами детермінації, що забезпечить ефективне їх використання при визначенні компонентів мортмаси гілок (>1 см). Моделі перевірені на адекватність вихідним дослідним даним табл. 3.

3. Математичні моделі мортмаси грубих гілок березняків

Номер моделі	Модель	Коефіцієнт детермінації (R^2)
1	$M_{\Gamma\Gamma}=0,293 \cdot 10^{-2} \cdot D^{1,207} \cdot H^{-0,902} \cdot P^{1,288}$	0,72
2	$M_{\Gamma\Gamma}=8,700 \cdot 10^{-4} \cdot A^{1,100} \cdot H^{0,984} \cdot P^{0,719}$	0,77
3	$M_{\Gamma\Gamma}=8,610 \cdot 10^{-4} \cdot A^{0,935} \cdot D^{0,340} \cdot H^{0,784}$	0,75
4	$M_{\Gamma\Gamma}=2,614 \cdot 10^{-3} \cdot A^{0,979} \cdot D^{0,725}$	0,74
5	$M_{\Gamma\Gamma}=3,135 \cdot 10^{-3} \cdot A^{1,552} \cdot B^{-0,194}$	0,71
6	$M_{\Gamma\Gamma}=3,949 \cdot 10^{-3} \cdot A^{1,490} \cdot P^{0,806}$	0,75
7	$M_{\Gamma\Gamma}=3,473 \cdot 10^{-3} \cdot A^{0,969} \cdot D^{0,780} \cdot P^{1,021}$	0,79
8	$M_{\Gamma\Gamma\text{III}}=1,100 \cdot 10^{-5} \cdot A^{0,951} \cdot H^{2,244}$	0,67
9	$M_{\Gamma\Gamma\text{IV}}=5,520 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2,437} \cdot P^{3,585}$	0,60

Отримані математичні моделі мортмаси грубих гілок у корі можуть бути використані в березових насадженнях Чернігівщини.

Висновки

1. Вирішення ресурсо-енергетичних і екологічних проблем лісів потребує розробки нормативно-інформаційного забезпечення для кількісної оцінки біопродуктивності деревних порід, у тому числі за компонентами мортмаси.

Отримані результати проведених досліджень дають змогу поглибити знання про структуру компонентів біопродуктивності березняків.

2. Мортмаса грубих гілок у насадженнях берези повислої може змінюватись від $0,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ до $1,9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ і збільшується з віком та зростання середнього діаметра і середньої висоти. Розроблені математичні моделі мортмаси гілок можуть бути використані для оцінки запасу відмерлої органічної речовини березових насаджень Чернігівщини.

Список літератури

1. Білоус А. М. Методика дослідження мортмаси лісів / А. М. Білоус // Біоресурси і природокористування – 2014. – Т. 6, №3-4 – С. 134–140.

2. Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся : [монографія] / П. І. Лакида, А. М. Білоус, Р. Д. Василюшин та ін. - Корсунь-Шевченківський: ФОП В. М. Гаврищенко, 2012. – 454 с.

3. Лакида П. І. Фітомаса березових лісостанів Українського Полісся : [монографія] / П. І. Лакида, Л. М. Матушевич – К. : ННЦ ІАЕ, 2006. – 228 с.

4. Пастернак В. П. Методичні підходи до оцінки динаміки відмерлої органічної речовини у дібровах лівобережжя України / В. П. Пастернак // Науковий вісник НАУ : зб. наук, праць. - К. : Вид-во НАУ, 2008.–Вип. 122.–С. 145–152.

5. Полубояринов О. И. Плотность древесины / О. И. Полубояринов. - М. : Лесная промышленность, 1976. - 160 с.

6. СОУ 02.02-37-476 :2006. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. - Введ. 26.12.2006. - К.: Вид-во Мінагрополітики України, 2006. – 32 с.

7. Трейфельд Р. Ф. Методика определения запасов и массы древесного детрита на основе данных лесоустройства / Р. Ф. Трейфельд, О. Н. Кранкина, Е. Д. Поваров. – Пушкино : Изд-во ВНИИЛМ, 2002.– 44 с.

8. Швиденко А. З. Оценка запасов древесного детрита в лесах России / А. З. Швиденко, Д. Г. Щепаченко, С. Нильссон // Лесная таксация и лесоустройство : сб. науч. тр. - Сибирь : Изд- во СГТУ, 2009.–Вып. 1 (41). – С. 133–147.

9. Harmon M. E. Guidelines for measurements of woody debris in forest ecosystems / M. E. Harmon, J. Sexton // Washington, Seattle, publication No 20, LTER Network Office, 1996. - 73 p.

10. Harmon N. E. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems / N. E. Harmon, J. F. Franklin, F. J. Swanson // Advance in Ecological Research – 1986. – Vol. 15. – P. 133–302.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОРТМАСЫ ГРУБЫХ ВЕТВЕЙ БЕРЕЗОВИХ ЛЕСОВ ЧЕРНИГОВЩИНЫ

Я. В. Ковбаса

Изучены теоретические основы разделения компонентов мортмасы березовых насаждений по классам деструкции. Приведены методические подходы для комплексного исследования мортмасы грубых ветвей (>1 см) в березовых насаждениях. Представлены общие характеристики мортмасы опада грубых ветвей по классам деструкции. Показаны методические особенности таксации компонентов мортмасы березняков для определения его количественных и качественных параметров. Проведены экспериментальная оценка мортмасы ветвей, статистический и графический анализ исследовательских данных в зависимости от основных таксационных показателей. Разработаны математические модели для оценки опада грубых ветвей в абсолютно сухом состоянии на 1 га лесных насаждений.

Ключевые слова: береза повислая (*Betula pendula* Roth.), мортмасса, средний диаметр, средняя высота, относительная полнота, грубые ветви, деструкция, базисная плотность, модель.

MODELING OF ROUGH MORTMASS BRANCHES IN BIRCH FORESTS OF CHERNIHIV

Y. V. Kovbasa

Worked out the theoretical foundations of separation of mortmass components of birch stands by class destruction. Methodical approaches of complex research of mortmass rough branches (>1 cm) in birch stands are shown. Presented the experimental characteristics of rough branches litter mortmass according to class

destruction. Introduced the methodical peculiarities of mortmass components forest estimation of birch groves to establish its quantitative and qualitative parameters. Performed the experimental evaluation branches mortmass, demonstrated statistical and graphical analysis of research data depending on the major taxation indices. Developed the mathematical models for estimating of rough branches litter in a completely dry state for 1 ha of forest plantations.

Keywords: *Silver birch (Betula pendula Roth.), mortmass, average diameter, average height, the relative completeness, rough branches, destruction, basic density, model.*