

УДК 630*53

МОДЕЛЮВАННЯ МОРТМАСИ СУХОСТОЮ ВІЛЬШАНИКІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Білоус А.М., кандидат сільськогосподарських наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наведено результати експериментальної оцінки органічної речовини сухостійних дерев у вільшаниках Українського Полісся. Досліджено морфологічні характеристики сухостійних дерев вільхи клейкої (*Alnus glutinosa* Gaerth.) та встановлено особливості структури мортмаси сухоостою за класами деструкції. Визначено базисну щільність мортмаси деревини у корі стовбурів і гілок сухоостою вільхи I і II класу деструкції. Встановлено особливості формування мортмаси сухоостою у вільшових насадженнях. Розроблено математичні моделі для оцінки запасу мортмаси сухостійних дерев у вільшаниках в абсолютно сухому стані у т на 1 га та сформовано нормативи для практичного використання.

Вступ. Збалансоване природокористування не може бути досягнуте без повного наукового та нормативно-інформаційного забезпечення комплексного обліку лісових ресурсів. Два різновекторні пріоритетні завдання сучасного лісового господарства полягають у забезпеченні продуктування лісами екосистемних послуг та заготівлі підприємствами максимально можливого обсягу лісової біомаси.

Екологізація лісового господарства передбачає надання пріоритетності екологічній ролі лісів та охороні природного навколишнього середовища, що забезпечить виконання лісами вуглецедепонуючої, киснепродукуючої, водорегулюючої, захисної та інших функцій.

Разом з тим, в умовах глобальної енергетичної залежності людства від викопних корисних копалин та пошуку відновних альтернативних джерел енергії, лісова біомаса розглядається як один з пріоритетних об'єктів для одержання теплової енергії.

Науковим доробком вчених-таксаторів України є комплекс нормативно-довідково-

го забезпечення для таксації лісових насаджень основних лісотвірних порід, що забезпечує лісгосподарське виробництво необхідними матеріалами для оцінки ресурсного потенціалу лісових насаджень. Колективом дослідників створено нормативне забезпечення для оцінки фітомаси основних лісотвірних порід України, що дозволяє встановити вуглецедепонувальну та киснепродукуючу роль деревостанів України [2, 4, 7]. Однак поза увагою дослідників залишається проблема оцінки мортмаси лісів, яка в окремих насадженнях може становити до 50% загального запасу лісової біомаси, відіграє важливе екосистемне значення і має значний енергетичний потенціал. Оцінці мортмаси в лісах не приділяється також достатньо уваги на виробництві під час лісовпорядкування, зокрема сухостій і захаращеність оцінюються окомірно і лише у випадках, коли його запас на 1 га становить 5 м³ і більше [5]. Отже, оцінка обсягів мортмаси лісів залишається суттєвою проблемою для лісовпорядкування та лісової таксації.

Ліси вільхи клейкої (*Alnus glutinosa* Gaerth.) поширені по всій території України, займають значну частку в лісовому фонді України і мають суттєві особливості вирощування, впорядкування, лісокористування та лісовідновлення через біологічні та екологічні особливості. У сирих і мокрих умовах проведення польових таксаційних і лісовпорядних робіт є ускладненим й може спричинити недооцінку обсягів сухостою і захащеності в усіх таксаційних виділах. Розробка нормативів для оцінки компонентів мортмаси дозволить більш повно встановити запаси біомаси вільшаників та комплексно дослідити біопродуктивність лісів.

Метою дослідження є розроблення математичних моделей для оцінки мортмаси сухостою вільшаників Українського Полісся.

Матеріали і методи. Для дослідження мортмаси сухостою було закладено 16 тимчасових пробних площ (ТПП) у вільхових лісах Українського Полісся, де проводили експериментальні роботи, відповідно до розробленої методики [1] та до чинних лісотаксаційних вимог [6].

Методика досліджень мортмаси сухостою передбачала: підбір модальних вільшаників; проведення геодезичної зйомки дослідної ділянки; суцільний перелік живих дерев та сухостою з диференціацією за I і II класами деструкції; визначенням цілісності структури гілок крони сухостійних дерев та ймовірної причини

відмирання. До сухостою відносили усі мертві дерева, у т. ч. зламані стовбури дерев висотою понад 1,3 м, які стояли на корені. У сухостійних дерев зі зламаною верхівкою обов'язково вимірювали висоту. При набутті III класу розкладання, мортмаса сухостою вільхи клейкої обов'язково переходить у деревну ламань. Морфологічні ознаки, за якими сухостійні дерева відносили до одного з класів деструкції, наведено в табл. 1.

На ТПП відбирали 3–10 модельних живих дерев для встановлення загальних таксаційних показників, оцінки якісних і кількісних показників компонентів фітомаси і маси сухих гілок дерев, що ростуть. Для визначення базисної щільності деревини в корі сухостою досліджували 3 модельні сухостійні дерева на кожній ТПП. Для цього з кожного модельного дерева відбирали по 3 зразки деревини в корі стовбурів і гілок у корі I–II класу деструкції.

Дані, одержані за результатом польових експериментальних робіт, досліджували в камеральних умовах та здійснювали аналіз інформації за допомогою комп'ютерних програм PERITA, Statistica 10 та MS Excel.

Результати та їх обговорення. Мортмаса сухостою вільшаників, утворюється, в основному, внаслідок відмирання дерев за результатами природної конкуренції. У пригнічених дерев формується слаборозвинена крона, відмирає вершина, а потім і все дерево. Спочатку опадають

Таблиця 1. Характеристика мортмаси сухостійних дерев вільхи клейкої

Клас деструкції	Морфологічна характеристика сухостою
I	Відсутні будь-які ознаки процесів життєдіяльності дерева. Крона характеризується наявністю тонких гілок (<1 см). Кора стовбура може мати дрібні тріщини.
II	Структура крони порушена або компоненти крони відсутні. Тонкі гілки (<1 см) відсутні повністю. На дереві гілки відсутні або можуть бути лише грубі гілки (>1 см). Кора потріскана. У верхній частині стовбура кора може бути відсутня.

Таблиця 2. Середня базисна щільність компонентів мортмаси сухостійних дерев вільхи клейкої

Клас деструкції	Базисна щільність стовбура у корі, $\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$	Базисна щільність гілок у корі, $\text{кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$
I	430	438
II	413	419

компоненти крони. У сухостійного дерева руйнування стовбура здійснюється, переважно, шляхом відламування частин стовбура у напрямку від вершини до комля. Через вплив несприятливих погодних умов злам стовбурів вільхи найчастіше відбувається ближче до 0,5 висоти дерева.

Для встановлення запасу мортмаси сухостійних дерев у абсолютно сухому стані необхідне визначення базисної щільності стовбура і гілок у корі. Дослідження зразків мортмаси дозволило встановити, що базисна щільність деревини в корі стовбурів і гілок сухостійних дерев (табл. 2) не суттєво відрізняється від щільності відповідних компонентів фітомаси. Так, середня базисна щільність мортмаси стовбура вільхи I класу менша від аналогічної щільності фітомаси на 1,1%, а щільність відмерлих гілок I класу деструкції на 1,6% нижча порівняно зі щільністю живих гілок. Відмінність базисної щільності мортмаси II класу деструкції від щільності фітомаси

складає 5,1% для стовбура у корі та 5,8% для гілок. Зменшення щільності мортмаси I–II класів деструкції відбувається дуже повільно, оскільки хоча компоненти детриту і заселяють дереворуйнівні гриби, але їх життєдіяльність на початковому етапі суттєво не впливає на фізико-механічні властивості деревини.

На основі даних про таксаційну характеристику дослідних насаджень та оцінку загальної мортмаси сухою ($M_{\text{сух}}$, $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$), у т.ч. мортмаси I класу ($M_{\text{сухI}}$) та II класу ($M_{\text{сухII}}$) деструкції, сформовано масиви експериментальних даних. Аналіз зв'язків дослідних даних, вказав на тісний кореляційний зв'язок мортмаси сухою з віком (A, років) ($r=0,85$), середнім діаметром (D, см) ($r=0,90$), середньою висотою (H, м) ($r=0,90$). Також виявлено середній зв'язок з запасом деревини у корі (M) ($r=0,61$), слабкий кореляційний зв'язок з бонітетом (B) ($r=0,28$) та з відносною повнотою (P) деревостанів ($r=-0,22$).

Таблиця 3. Статистична характеристика дослідних даних

Показник	Значення		Статистики			
	min	max	середнє значення	стандартне відхилення	асиметрія	ексцес
A, років	7	93	39	21,4	0,627	-0,627
D, см	4,4	32,0	17,2	8,3	0,146	-1,449
H, м	7,8	28,0	18,1	5,8	-0,075	-1,340
P	0,38	1,46	0,85	0,20	0,264	0,875
B	I ^c	III	I ^a ,1	1,34	0,698	-0,743
M, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	40	482	227	115	0,503	-0,905
$M_{\text{сух}}$, $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$	0,2	9,5	4,0	2,4	0,372	-0,835
$M_{\text{сухI}}$, $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$	0,05	2,2	0,7	0,5	1,793	3,622
$M_{\text{сухII}}$, $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$	0,1	7,5	1,8	1,9	2,125	4,517

Статистичний аналіз дослідних даних показав, що кількісні та якісні параметри мортмаси сухою вільшаників не відповідають умовам нормального розподілу (табл. 3), оскільки накопичення мортмаси сухою залежить від дії різних біотичних, абіотичних та антропогенних факторів. Найбільше відхилення від критичних значень асиметрії та ексцесу мають відповідні статистики дослідних даних мортмаси сухою за I і II класами деградації.

На основі сформованого масиву експериментальних даних було здійснено моделювання мортмаси сухою вільшаників залежно від застосування різних комбінацій таксаційних показників, які часто використовуються в лісгосподарській практиці та просто вимірюються під час таксації насаджень. Під час моделювання найкращих результатів досягли за використання степеневих рівнянь та віку, серед-

нього діаметру, середньої висоти, відносної повноти, бонітету і запасу як факторів впливу. За результатами математичного моделювання розроблено регресійні рівняння для оцінки загальної мортмаси сухою вільшаників, мортмаси I і II класу розкладання (табл. 4).

Особливе теоретичне і практичне значення має математична модель (1), яка відображає залежність мортмаси сухою вільшаників від середнього діаметра, середньої висоти і відносної повноти. Застосування моделі (1) дозволить здійснити агрегацію даних фітомаси [2] і мортмаси вільхових лісів для оцінки їх загальної лісової біомаси.

У зв'язку з незадовільною організацією дослідних даних мортмаси сухою вільшаників I-II класів розкладання, вдалося розробити лише однофакторні моделі для оцінки мортмаси сухою за класами деградації. Розроблені моделі (5, 6) можуть

Таблиця 4. Математичні моделі мортмаси сухою вільшаників

Номер моделі	Модель	Коефіцієнт детермінації (R^2)
1	$M_{\text{сух}} = 0,023 \cdot D^{0,587} \cdot H^{1,130} \cdot P^{-0,290}$	0,86
2	$M_{\text{сух}} = 0,020 \cdot A^{-0,653} \cdot D^{1,182} \cdot H^{1,450}$	0,86
3	$M_{\text{сух}} = 0,344 \cdot A^{-0,169} \cdot D^{1,384} \cdot B^{-0,505}$	0,85
4	$M_{\text{сух}} = 0,319 \cdot D^{1,181} \cdot B^{-0,479}$	0,85
5	$M_{\text{сух I}} = 3,24 \cdot 10^{-4} \cdot M^{1,444}$	0,65
6	$M_{\text{сух II}} = 0,017 \cdot A^{1,350}$	0,91

Таблиця 5. Загальна мортмаса сухою насаджень вільхи клейкої, т · га⁻¹

Середній діаметр, см	Середня висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
4	0,4	0,6	0,8							
6		0,8	1,0	1,2						
8		0,9	1,2	1,5	1,7					
10			1,4	1,7	2,0	2,3				
12				1,8	2,2	2,6	2,9			
14				2,0	2,4	2,8	3,2	3,6		
16					2,6	3,0	3,5	3,9		
18						3,2	3,7	4,2	4,6	
20						3,5	3,9	4,4	4,9	
22							4,2	4,7	5,2	5,8

бути використані для дослідження кругообігу речовин в лісових екосистемах.

На основі розробленої математичної моделі (1) сформовано нормативні таблиці для практичного використання з метою оцінки мортмаси вільхових насаджень Українського Полісся. Фрагмент нормативу для оцінки органічної речовини сухостійних дерев в абсолютно сухому стані у вільшаниках з відносною повнотою 0,7, наведено в табл. 5.

Висновки

Базисна щільність мортмаси деревини у корі стовбурів і гілок вільхи I класу

деструкції практично не відрізняється від щільності фітомаси. Розроблені математичні моделі для оцінювання мортмаси сухостою вільшаників у абсолютно сухому стані можуть бути агреговані з моделями для оцінки фітомаси і забезпечити розроблення нормативів для комплексного визначення запасів лісової біомаси вільхових лісів Українського Полісся.

Для дослідження мортмаси сухостою вільшаників пропонується здійснювати поділ сухостійних дерев за двома класами деструкції.

Література

1. Білоус А.М. Методика дослідження мортмаси лісів // Біоресурси і природокористування. – 6, №3-4 – 2014. – С. 134–140.
2. Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся: Монографія / Лакида П.І., Білоус А.М., Василюшин Р.Д. та ін. – Корсунь-Шевченківський: ФОП Гавришенко В.М., 2012. – 454 с.
3. Воробьев О.Н. Крупный древесный детрит в сосняках Республики Марий Эл // Тезисы докл. Междунар. конф.: Кадровое и научное сопровождение устойчивого управления лесами. - Йошкар-Ола, 2005. – С. 58–60.
4. Лакида П.І. Фітомаса лісів України. Монографія. – Тернопіль: Збруч, 2002. – 256 с.
5. Інструкція з впорядкування лісового фонду України. Частина перша. Польові роботи. – Ірпінь: 2006. – 75 с.
6. СОУ 02.02–37–476: 2006. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. – Введ. 26.12.2006. – К.: Мінагрополітики України, 2006. – 32 с.
7. Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г., Нильсон С. Оценка запасов древесного детрита в лесах России // Лесная таксация и лесоустройство. – Сибирь: СГТУ, 2009. – Вып. 1 (41). – С. 133–147.

АННОТАЦІЯ

Білоус А.М. Моделирование мортмассы сухостойных деревьев лесов Украинского Полесья // Биоресурсы и природопользование. – 2014. – 6, №5-6. – С. 105–109.

Показаны результаты экспериментальной оценки органического вещества сухостойных деревьев в альховых лесах Украинского Полесья. Исследованы морфологические характеристики сухостойных деревьев ольхи черной (*Alnus glutinosa* Gaerth.) и установлены особенности структуры мортмассы сухостойных деревьев по классам деградации. Определена базисная плотность мортмассы древесины в коре стволов и ветвей сухостойных ольхи I и II класса деградации. Установлены особенности формирования мортмассы сухостойных деревьев в альховых насаждениях. Разработаны математические модели для оценки запаса мортмассы сухостойных деревьев в альховых лесах в абсолютно сухом состоянии в т/га и сформированы нормативы для практического использования.

SUMMARY

A.Bilous. Modeling detritus of dead trees (snags) of forests of alder Ukrainian Polissia // Biological Resources and Nature Managment. – 2014. – 6, №5-6. – P. 105–109.

Results of experimental evaluation of organic matter of dead trees of alder of forests Ukrainian Polissia are presented. Morphological characteristics of dead alder (*Alnus glutinosa* Gaerth.) trees of I–II classes degradation and peculiarities of structure of coarse woody debris I class degradation are described. Basic density coarse woody debris (snags) of trunk and branches dead trees of I–II classes' degradation are defined. The peculiarities of formation coarse woody debris (snags) of dead trees in the forests of alder are given. Mathematical models for stock assessment coarse woody debris (snags) completely dry dead trees of forests alder in tons per 1 ha and formed standards are developed.