

УДК 630*53:630*2:582.681.81(477.51/.52) Асист. А.М. Білоус – Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

НАДЗЕМНА ФІТОМАСА СТОВБУРІВ ДЕРЕВ ОСИКИ У ДЕРЕВОСТАНАХ СХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Наведено результати досліджень компонентів надземної фітомаси стовбурів дерев осики у деревостанах Східного Полісся України. Розроблено математичні моделі залежності об'єму та компонентів надземної фітомаси дерев осики від основних таксаційних ознак, нормативно-довідкові таблиці для оцінки компонентів надземної фітомаси дерев осики на основі розроблених двофакторних алометричних математичних моделей для оцінки компонентів надземної фітомаси та якісних ознак компонентів фітомаси за допомогою програми *TREE*. Здійснено порівняльний аналіз та оцінку адекватності розроблених таблиць надземної фітомаси дерев осики у деревостанах Східного Полісся.

Ключові слова: осика, фітомаса, модель, стовбур, деревина, кора, Східне Полісся України.

Питання впливу лісових екосистем на процеси, що відбуваються в біосфері неможливо дослідити без детального вивчення обсягів і географії поширення загальних запасів фітомаси лісів. Надземна фітомаса лісів – надзвичайно складний об'єкт досліджень, що потребує системного підходу у вивченні всіх її компонентів. Оцінка надземної фітомаси відкриває перед науковцями можливість вирішити низку важливих питань екологічного, ресурсознавчого та енергетичного характеру. Визначальним кроком у дослідженні фітомаси лісів є вивчення основних компонентів фітомаси дерев основних лісотвірних порід. Останнє дає змогу комплексно дослідити фітомасу деревостанів як основних складників фітомаси лісів.

Серед основних компонентів фітомаси лісів України особливу увагу приділяють фітомасі стовбурів дерев, на яку припадає домінуюча частка загальної фітомаси (66 %) [13]. Водночас, на фоні розробленого інформаційного забезпечення оцінки компонентів надземної фітомаси природних соснових деревостанів Полісся та штучних Лісостепу і Нижньодніпровських пісків [8], штучних дубових деревостанів Полісся та Лісостепу [6, 8], рівнинних букових деревостанів [10], природних букових деревостанів Карпат [8], штучних смерекових деревостанів Карпат [4], природних ялицевих деревостанів Карпат [3], природних ясеневих деревостанів Лісостепу [12], природних і штучних березових деревостанів Полісся [7], природних деревостанів вільхи клейкої Західного Полісся [2], очевидна актуальність дослідження фітомаси осики в одному з регіонів її значного поширення.

Під час дослідження надземної фітомаси стовбурів дерев осики використано методику проф. П.І. Лакиди [8]. Моделювання нормативного забезпечення оцінки основних компонентів фітомаси дерев і деревостанів – один з найменш опрацьованих аспектів у системі біометричних досліджень [8]. Для комплексного дослідження усіх компонентів надземної фітомаси дерев осики з перспективою складання нормативно-довідкових таблиць, моделюванню підлягали такі компоненти надземної фітомаси стовбурів дерев осики: об'єм деревини стовбура ($V_{\text{дер}}$); об'єм кори стовбура ($V_{\text{к}}$); об'єм стовбура у корі ($V_{\text{ст}}$).

Моделювання компонентів надземної фітомаси дерев осики виконували на основі дослідних даних, зібраних у процесі польових досліджень. Для вивчення компонентів фітомаси стовбурів дерев осики на 80 тимчасових пробних площах досліджено 635 модельних дерев, з яких 224 – опрацював автор на 37 тимчасових пробних площах. Також було використано інформацію з бази даних кафедри лісової таксації та лісовпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України, отриману внаслідок дослідження 411 модельних дерев осики [9].

Обробляли результатів таксації стовбурів зрубаних модельних дерев за допомогою спеціальної програми PERTA. Для оптимізації процесу моделювання було здійснено статистичний аналіз дослідних даних. Результати статистичного опису робочих масивів даних, на основі яких здійснювали моделювання, наведено у табл. 1.

Табл. 1. Основні статистики розподілу таксаційних показників та компонентів стовбурів фітомаси дерев осики

Ознака	Значення		Статистики			
	min	max	$\bar{X}$	σ	A	E
a, років	4	61	35,7	15,1	-0,650	-1,051
d _{1,3} , см	1,1	42,1	18,1	8,8	-0,018	-0,525
h, м	2,7	31,0	20,4	7,3	-0,812	-0,489
V _{дер} , м ³	0,0001	1,42	0,349	0,306	0,904	0,458
V _к , м ³	0,00002	0,181	0,043	0,035	0,812	0,570
V _{ст} , м ³	0,0001	1,57	0,392	0,341	0,883	0,419

Підбір однорідного дослідного матеріалу є найскладнішим лісотаксаційним завданням [11]. На жаль, основні статистики розподілу таксаційних показників та компонентів фітомаси стовбурів дерев осики не тільки не задовольняють умови нормального розподілу, а й часто перевищують допустимі критичні значення. Криві розподілу таксаційних показників характеризуються туповершинністю та лівосторонньою асиметрією. Статистики розподілу об'ємів компонентів фітомаси стовбурів осики відзначаються гостровершинною кривою із правосторонньою асиметрією.

Перед процесом розроблення математичних моделей необхідно визначити таксаційні показники, які зумовлюють особливості моделювання, враховуючи тісноту їхнього зв'язку із шуканими параметрами. У табл. 2 наведено значення коефіцієнтів кореляції, що вказують на тісний прямий зв'язок об'єму компонентів фітомаси стовбурів дерев осики (об'єм деревини стовбура (V_{дер}), об'єм кори стовбура (V_к) та об'єм стовбура у корі (V_{ст})) із діаметром на висоті грудей (d_{1,3}), віком (a) і висотою (h) дерев. Кореляційний аналіз було здійснено за результатами 635 спостережень, зібраних у регіоні дослідження, за яким підтверджується значущість зв'язку на 5 %-му рівні (при 500 спостереженнях r_{кр}=0,088 [14]).

Статистичне оброблення дослідних даних та пошук багатомірних регресійних моделей проводили за допомогою програм STATISTICA 6.0 і Microsoft Excel. Коефіцієнти кореляції об'єму компонентів фітомаси стовбурів де-

рев осики з діаметром на висоті грудей мають тісніший зв'язок, порівняно зі зв'язком компонентів фітомаси з висотою та віком дерев.

Табл. 2. Коефіцієнти кореляції об'єму компонентів фітомаси стовбурів із основними таксаційними показниками дерев осики

Таксаційні показники дерев	Об'єм компонентів фітомаси стовбурів		
	деревина стовбура ($V_{\text{дер}}$), м ³	кора стовбура ($V_{\text{к}}$), м ³	стовбур у корі ($V_{\text{ст}}$), м ³
$d_{1,3}$, см	0,94	0,95	0,95
h , м	0,77	0,77	0,77
a , років	0,72	0,74	0,72

У табл. 3 представлено математичні моделі об'єму деревини стовбура, кори стовбура та стовбура у корі дерев осики. Для компонентів фітомаси стовбура дерев осики отримано дво- і трифакторні математичні моделі (1-6). У рівняння вводили основні таксаційні ознаки ($d_{1,3}$, h , a), що мають тісний лінійний і нелінійний зв'язок із шуканими показниками. Моделі (1, 3, 5), в яких використано діаметр на висоті грудей та висоту дерев як фактори впливу, є більш практичні, адже діаметр і висота дерева досить легко вимірювати в натурі та часто їх використовують під час складання нормативних таблиць.

Для математичних моделей (1-6) характерні високі коефіцієнти детермінації ($Q^2=0,96-0,99$), що може задовольнити високу ефективність використання їх з метою визначення об'єму деревини стовбурів, кори стовбурів та стовбурів у корі фітомаси стовбурів дерев осики.

Табл. 3. Моделі для оцінки об'єму компонентів фітомаси стовбурів дерев осики

Номер моделі	Вид моделі	Коефіцієнт детермінації
Для оцінки об'єму деревини стовбурів дерев		
1.	$V_{\text{дер}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot d^{1,824} \cdot h^{1,272}$	0,99
2.	$V_{\text{дер}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot a^{0,127} \cdot d^{1,828} \cdot h^{1,166}$	0,99
Для оцінки об'єму кори стовбурів дерев		
3.	$V_{\text{к}} = 4,0 \cdot 10^{-5} \cdot d^{1,715} \cdot h^{0,585}$	0,96
4.	$V_{\text{к}} = 3,3 \cdot 10^{-5} \cdot a^{0,275} \cdot d^{1,716} \cdot h^{0,323}$	0,96
Для оцінки об'єму стовбурів у корі дерев		
5.	$V_{\text{ст}} = 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot d^{1,811} \cdot h^{1,192}$	0,99
6.	$V_{\text{ст}} = 3,3 \cdot 10^{-5} \cdot a^{0,139} \cdot d^{1,814} \cdot h^{1,074}$	0,99

Показники степеня таксаційних показників у математичних моделях (1-6) мають додатне значення і свідчать про тенденцію до зростання об'єму компонентів фітомаси стовбурів дерев осики зі збільшенням діаметра на висоті грудей, висоти і віку.

На основі моделей (1, 5) для оцінки об'ємів фітомаси деревини стовбурів і стовбурів у корі дерев осики та їх якісних параметрів [1] (табл. 4) за допомогою програми *TREE* було здійснено розробки нормативно-довідкового забезпечення оцінки компонентів фітомаси стовбурів дерев осики для свіжозрубного і абсолютно сухого стану. Фрагмент нормативних таблиць для оцінки фітомаси стовбурів у корі у свіжозрубному стані наведено в табл. 5.

Табл. 4. Природна та базисна щільність компонентів фітомаси стовбурів осики

Вид щільності	Щільність ($\rho^{\pm m_p}$), кг·(м ³) ⁻¹	
	деревина	кора
Природна	726 ^{±9}	940 ^{±16}
Базисна	416 ^{±7}	471 ^{±13}

Розроблені нормативи призначені для оцінки компонентів фітомаси стовбурів дерев осики з діаметром на висоті грудей від 4 до 40 см та висотою від 6 до 28 м. На основі розроблених нормативно-довідкових даних, використавши відповідні методики, можна розробити нормативи вмісту вуглецю у компонентах фітомаси стовбурів дерев осики.

Табл. 5. Фітомаса стовбурів у корі дерев осики у свіжозрубаному стані, кг

Діаметр, см	Висота, м											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	3,1	4,4	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6,5	9,1	12	14	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	15	20	24	29	34	39	-	-	-	-	-
10	-	23	29	36	44	51	58	66	-	-	-	-
12	-	-	41	51	61	71	81	92	100	-	-	-
14	-	-	54	67	80	93	110	120	140	150	-	-
16	-	-	69	85	100	120	140	150	170	190	210	-
18	-	-	-	110	130	150	170	190	210	240	260	-
20	-	-	-	130	150	180	200	230	260	290	310	340
22	-	-	-	150	180	210	240	270	310	340	370	410
24	-	-	-	180	210	250	280	320	360	400	440	480
26	-	-	-	-	240	290	330	370	420	460	510	550
28	-	-	-	-	280	330	380	420	470	530	580	630
30	-	-	-	-	320	370	430	480	540	600	650	710
32	-	-	-	-	-	420	480	540	600	670	740	800
34	-	-	-	-	-	460	530	600	670	750	820	890
36	-	-	-	-	-	520	590	670	750	830	910	990
38	-	-	-	-	-	-	650	740	820	910	1000	1090
40	-	-	-	-	-	-	-	810	900	1000	1100	1200

Нормативно-довідкові дані, розроблені автором для Східного Полісся України, порівнювали із такими ж, розробленими В.А. Усольцевим [15] для Тюменської області Російської Федерації і Казахстану (табл. 6).

Табл. 6. Надземна фітомаса дерев осики у свіжозрубаному стані (варіант а – дані Усольцева В.А. [15], варіант б – дані автора)

Діаметр, см	Варіант	Висота, м	Фітомаса стовбура, кг	
			у корі	у т.ч. кори
8	а	14,7	34,4	8,1
	б	14,0	29,1	6,2
16	а	19,7	165,9	29,4
	б	20,0	154,4	25,0
24	а	22,0	389,6	61,9
	б	22,0	359,3	54,0
32	а	23,2	707,3	119,5
	б	24,0	669,3	92,0
40	а	23,9	1094,0	209,0
	б	24,0	1001,9	140,0

Загалом різниця між даними незначна і у відсотковому значенні зменшується зі збільшенням таксаційних показників дерев осики. Варто зазначити, що характер росту дерев залежить від кліматично-географічних умов, що дає підстави зробити припущення про вплив на формування стовбурів дерев осики географічних умов. Автор здійснював дослідження у межах 50°-52° пн.ш. та 30°-34° с.д., а В.А. Усольцев – 53°-55° пн.ш. та 64°-73° с.д. [15].

Отже, внаслідок дослідження надземної фітомаси дерев осики у деревостанах Східного Полісся України:

1. Розроблено математичні моделі залежності об'єму (для деревини стовбура, кори стовбура, стовбура у корі) та компонентів надземної фітомаси дерев осики від основних таксаційних ознак.
2. Розроблено нормативно-довідкові таблиці для оцінки компонентів надземної фітомаси дерев осики (у свіжозрубаному та абсолютно сухому станах) на основі розроблених двофакторних (фактори впливу – діаметр на висоті грудей та висота) алометричних математичних моделей для оцінки компонентів надземної фітомаси та якісних ознак компонентів фітомаси за допомогою програми *TREE*.
3. Встановлено можливість адекватного використання математичних моделей з розроблення нормативно-довідкових таблиць для оцінки надземної фітомаси дерев осики.
4. Здійснено порівняльний аналіз та оцінку адекватності розроблених таблиць, який свідчить про можливість використання нормативної бази оцінки надземної фітомаси дерев осики у деревостанах Східного Полісся України, а у разі відсутності подібних можливе застосування на всій території України.

Література

1. Білоус А.М. Середня щільність деревини та кори стовбурів дерев осики у деревостанах Східного Полісся України : матер. всеукр. наук. конф. молодих вчених, (Умань, 19-20 лют. 2009 р.) / А.М. Білоус // Уманський державний аграрний університет. – Умань : Вид-во Уманського ДАУ, 2009. – Ч. 1. – С. 208.
2. Блищик І.В. Продуктивність та надземна фітомаса вільхи клейкої у деревостанах Західного Полісся України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.02 "Лісовпорядкування та лісова таксація" / І.В. Блищик. – К., 2008. – 20 с.
3. Василишин Р.Д. Продуктивність та надземна фітомаса лісостанів ялиці білої в Українських Карпатах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.03.02 "Лісовпорядкування та лісова таксація" / Р.Д. Василишин. – К., 2007. – 19 с.
4. Володимиренко В.М. Особливості росту та прогноз продуктивності штучних модальних ялинових деревостанів Українських Карпат : дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.03.02. / Володимиренко Валентина Миколаївна. – К., 2006. – 162 с.
5. Зеленъ древесная. Технические условия: ГОСТ 21769-84. – [Введ. 01.01.1985]. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 5 с.
6. Лакида П.І. Біологічна продуктивність дубових деревостанів Поділля : монографія / Лакида П.І., Лашенко А.Г., Лашенко М.М. – К. : Вид-во ННЦ ІАЕ, 2006. – 196 с.
7. Лакида П.І. Фітомаса березових лісостанів Українського Полісся : монографія / П.І. Лакида, Л.М. Матушевич. – К. : Вид-во ННЦ ІАЕ, 2006. – 228 с.
8. Лакида П.І. Фітомаса лісів України : монографія / П.І. Лакида. – Тернопіль : Вид-во "Збруч", 2002. – 256 с.
9. Лишук М.Е. Рост и продуктивность насаждений мягколиственных пород Украинского Полесья : дис. ... канд. с.-х. наук: спец. 06.03.02 / Лишук Михаил Евгениевич. – Харьков, 1988. – 206 с.
10. Миклуш С.І. Загальна фітомаса рівнинних букових насаджень України / С.І. Миклуш, Ю.С. Миклуш // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.4. – С. 16-21.

11. Миклуш С.І. Моделі росту рівнинних букових деревостанів / С.І. Миклуш // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.11. – С. 122-133.

12. Морозюк О.В. Біопродуктивність лісів Черкащини та її динаміка : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.02 "Лісовпорядкування та лісова таксація" / О.В. Морозюк. – К., 2009. – 20 с.

13. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 1996 р. / Мін-во охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України. – К. : Вид-во Раєвського, 1996. – С. 25-28.

14. Никитин К.Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1978. – 272 с.

15. Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев / В.А. Усольцев. – Новосибирск : Изд-во "Наука", 1988. – 253 с.

Билоус А.М. Надземная фитомасса стволов деревьев осины в древостоях Восточного Полесья Украины

Приведены результаты исследований компонентов надземной фитомассы стволов деревьев осины в древостоях Восточного Полесья Украины. Разработаны математические модели зависимости объема и компонентов надземной фитомассы деревьев осины от основных таксационных признаков, нормативно справочные таблицы для оценки компонентов надземной фитомассы деревьев осины на основе разработанных двофакторных аллометрических математических моделей для оценки компонентов надземной фитомассы и качественных признаков компонентов фитомассы с помощью программы *TREE*. Осуществлен сравнительный анализ и оценка адекватности разработанных таблиц надземной фитомассы деревьев осины в древостоях Восточного Полесья.

Ключевые слова: осина, фитомасса, модель, ствол, древесина, кора, Восточное Полесье Украины.

Bilous A.M. Over ground phytomass of trunks of trees of aspen in forest stand of Eastern Polissya of Ukraine

The results of research of component of over ground phytomass of trunks of trees of aspen are presented in forest stand of Eastern Polissya of Ukraine. The mathematical models of dependence of volume and components of above-ground phytomass of trees of aspen are developed from basic fixings the price signs, normatively certificate tables for the estimation of components of above-ground phytomass of trees of aspen on the basis of the developed two-factor allometric mathematical models for the estimation of components of above-ground fitomasi and high-quality signs of components of phytomass by the program *TREE*. A comparative analysis and estimation of adequacy of the developed tables of above-ground phytomass of trees of aspen is carried out in forests stands of East Polissya.

Keywords: aspen, phytomass, model, trunks, wood, bark, Eastern Polissya of Ukraine.

УДК 551.10.42

Доц. В.В. Благодатний, канд. техн. наук;
ст. викл. Н.У. Гурець – НУ кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ВНАСЛІДОК ЗАПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ МІСТА МИКОЛАЄВА

Описано нинішню ситуацію з муніципальними відходами міста Миколаєва. Проаналізовано діяльність Миколаївського міськвиконкому у сфері поводження з муніципальними відходами. Виділено основні напрями діяльності у цій сфері.