

П.І. ЛАКИДА¹, І.М. МАТЕЙКО², А.Е. ОБОРСЬКА³, Р.Д.ВАСИЛИШИН⁴

НОРМАТИВИ ОЦІНКИ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ ФІТОМАСИ ДЕРЕВ ЯСЕНА ЗВИЧАЙНОГО ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Наведено результати розроблення нормативів оцінки компонентів надземної фітомаси дерев ясен звичайного Правобережного Лісостепу України, які є складовою частиною комплексного оцінювання в одиницях маси загальних запасів дерев і деревостанів головних лісотвірних порід. В основу алгоритму побудови нормативно-довідкових таблиць покладено моделювання якісних та кількісних параметрів компонентів фітомаси дерев за результатами біометричної оцінки 391 модельного дерева різних вікових груп у діапазоні 5-86 років.

Ключові слова: *Правобережний Лісостеп, ясен звичайний, стовбур, кора, крона, щільність, фітомаса, діаметр, висота*

Вступ. Ключовими проблемами світової спільноти на межі тисячоліть стало порушення екологічної рівноваги природних екосистем внаслідок антропогенних змін навколишнього середовища дедалі відчутніша нестача енергетичних ресурсів [16, 17]. Виключну роль у формуванні клімату на планеті відіграють ліси – унікальні екосистеми, що характеризуються

¹ **ЛАКИДА Петро Іванович** – дійсний член Лісівничої академії наук України, професор, доктор сільськогосподарських наук, завідувач кафедри лісового менеджменту, директор Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства. Національний університет біоресурсів і природокористування України. м. Київ, Україна. Тел.: роб. – 044-527-85-28; моб. – +38-067-462-80-43. E-mail: lakyda@nubip.edu.ua

² **МАТЕЙКО Іван Михайлович** – майстер виробничого навчання кафедри технології лісгосподарського виробництва, здобувач кафедри лісового менеджменту. Національний університет біоресурсів і природокористування України. м. Київ, Україна. Тел.: роб. – 044-527-82-80; моб. – +38-067-397-05-71. E-mail: immateiko@ukr.net

³ **ОБОРСЬКА Алла Едуардівна** – кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри лісового менеджменту. Національний університет біоресурсів і природокористування України. м. Київ, Україна. Тел.: роб. – 044-527-81-53; моб. – +38-097-556-53-35. E-mail: alla_oborska@ukr.net

⁴ **ВАСИЛИШИН Роман Дмитрович** – кандидат сільськогосподарських наук, докторант кафедри лісового менеджменту. Національний університет біоресурсів і природокористування України. м. Київ, Україна. Тел.: роб. – 044-527-81-53; моб. – +38-095-345-27-22. E-mail: rvasyls@ukr.net

найвищою інтенсивністю біотичного кругообігу, володіють найбільшою органічною масою земної суші та здатні стабілізувати негативний антропогенний вплив на навколишнє середовище через довготермінову акумуляцію діоксиду вуглецю фітомасою деревних рослин, продукування кисню в процесі фотосинтезу, забезпечення балансу біологічно важливих речовин [13, 15].

З 60-х років XX-го ст., працюючи в рамках Міжнародної біологічної програми, учені-лісівники (В.М. Горбатенко, В.В. Протопов, В.К. Мякушко, Л.І. Половников, П.І. Лакида, А.А. Молчанов, В.В. Смірнов, Л.Є. Родін, М.П. Ремезов, Н.І. Базілевич, А.І. Уткін та ін.) проводили дослідження біологічної продуктивності лісових насаджень [7].

Розглядаючи лісові насадження як поглинач парникових газів, відновлюване джерело енергії, П.І. Лакида та науковці його школи провели дослідження біологічної продуктивності дерев і деревостанів за основними компонентами фітомаси у вагових одиницях та розробили відповідні математичні моделі й нормативи оцінки для основних лісотвірних порід України: дубових деревостанів Поділля А.Г. Лашенко [3], березових лісостанів Полісся Л.М. Матушевич [4], ялиці білої в Українських Карпатах Р.Д. Васишин [9], вільхи клейкої в насадженнях Західного Полісся І.В. Блищик [7], осичників Східного Полісся А.М. Білоус [6]. Біопродуктивність лісів Львівщини досліджували Г.С. Домашовець [5], лісів Черкащини – О.В. Морозюк [8].

Метою цього дослідження є розроблення нормативно-довідкових даних з оцінки компонентів надземної фітомаси дерев ясен звичайного у Правобережному Лісостепу України, де цей вид має значне поширення та формує високопродуктивні деревостани у межах свого ценотичного оптимуму [1, 10].

Матеріали і методика дослідження. Дослідження біотичної продуктивності за компонентами надземної фітомаси дерев і деревостанів поєднує емпіричні (спостереження, експеримент) та теоретичні (аналіз, синтез,

математичне моделювання) методи, які ґрунтуються на таксаційних і біометричних розробках.

За основу збору та оброблення дослідних даних прийнято методику П.І. Лакиди [2]. Матеріалами дослідження слугували дані 21 тимчасової пробної площі, закладеної у деревостанах Правобережного Лісостепу з участю ясена звичайного і таксаційні характеристики 327 модельних дерев із бази даних пробних площ кафедри лісової таксації та лісовпорядкування НУБіП України. Загалом моделювання таксаційних показників деревних стовбурів здійснене за обмірами 391 модельного дерева, кількісних показників крони – 64 модельних дерев. Якісні характеристики компонентів фітомаси стовбура і крони дерева визначені за результатами біометричної обробки відповідних показників 21 модельного дерева. Вміст абсолютно сухої речовини у фотосинтезуючій фракції крони визначений за 192 наважками листя із 64 модельних дерев.

Результати дослідження. Під час вивчення мінливості морфологічних, структурних і якісних показників компонентів фітомаси дерев на перших етапах досліджень зазвичай застосовують багатофакторний підхід для встановлення статистично достовірних чинників впливу, а надалі враховують найбільш інформативні з них [14].

Під час пошуку математичних моделей зв'язку у цій роботі за попередньо здійсненим кореляційним аналізом на 5%-му рівні значущості включали різні показники та оцінювали їхній вплив на залежну змінну. Перевагу надавали таксаційним показникам, які легко визначаються в натурі: a – вік дерева, d – діаметр на висоті грудей, h – висота. Розроблення математичних моделей проводили методом нелінійного регресійного аналізу за допомогою прикладного пакету статистичних програм. Залежно від виду рівняння здійснювалася перевірка адекватності і точності моделі за величиною коефіцієнта детермінації (R^2), за F -критерієм Фішера та оцінкою залишків регресії або оцінювали значущість коефіцієнтів на 5%-му рівні за t -критерієм Стьюдента [11].

Дослідження фітомаси дерев у свіжозрубаному та абсолютно сухому станах здійснюються за трьома фракціями – стовбур, деревна зелень та гілки, для кожної з яких встановлені якісні характеристики – природну (відношення маси зразка до його об'єму в свіжозрубаному стані) та базисну (відношення маси зразка в абсолютно сухому стані до його об'єму в свіжозрубаному стані) щільності [2] (табл. 1):

Таблиця 1

Якісні характеристики фітомаси дерев ясена звичайного

Компонент фітомаси	Щільність, кг·(м ³) ⁻¹	
	природна	базисна
Деревина стовбура	927	639
Кора стовбура	836	502
Деревина стовбура у корі	912	621
Деревина гілок	951	651
Кора гілок	834	496
Деревина гілок у корі	922	617

Значення базисної щільності деревини стовбура ясена звичайного практично збігається із величиною цього показника раніше опрацьованих нормативів [12] (відхилення 0,2%), кори стовбура – нижче на 9,7%, природна щільність деревини гілок у корі – на 10,5%, кори гілок – на 15,7%. Показники уточнено за рахунок розширення географії досліджень та збільшення обсягу вибірки.

Об'єм стовбура визначений за класичною формулою лісової таксації $v = g \cdot h \cdot f$ через змодельоване видове число (f). Найбільш адекватно описує залежну змінну модель, де аргументами є одночасно діаметр і висота:

$$f = 0,410 + \frac{0,651}{d} + \frac{0,599}{h}. \quad (1)$$

Коефіцієнт детермінації (R^2) отриманого рівняння становить 0,72.

Для визначення об'єму кори стовбура ясена звичайного використано алометричну функцію з прямою залежністю змінної від діаметра і висоти:

$$v_k = 1 \cdot 10^{-6} \cdot d^{1,267} \cdot h^{2,223}. \quad (2)$$

Адекватність отриманої моделі оцінено високим коефіцієнтом детермінації ($R^2=0,81$).

На основі цих моделей та відповідних показників щільності розроблено нормативи оцінки компонентів фітомаси стовбура ясен звичайного у свіжозрубаному і абсолютно сухому стані. Фрагмент останніх наведено у табл. 2.

Таблиця 2

**Маса стовбурів у корі дерев ясен звичайного у абсолютно сухому стані
залежно від діаметра і висоти, кг**

Діаметр, см	Висота, м								
	10	12	14	16	18	20	22	24	26
10	26	31	35						
12	37	44	50	56					
14	50	59	67	76	84				
16	65	76	87	98	109	120			
18	81	95	109	123	137	150	164		
20	100	117	134	151	168	185	201	218	
22	120	141	161	182	202	222	242	262	282
24	142	167	191	215	240	264	287	311	335
26		195	224	252	280	308	336	364	392
28		225	259	291	324	357	389	421	453
30			296	334	371	408	445	482	519
32			336	379	421	464	506	548	589
34			378	427	475	523	570	617	664

Для світлолюбних швидкорослих листяних дерев, до яких належить і ясен звичайний, досить складно здійснити адекватну кількісну оцінку компонентів фітомаси крони, оскільки у таких дерев гілки з фракції деревної зелені добре розвиваються на освітлених місцях і поступово відмирають за недостатнього освітлення. Окрім таксаційних ознак, що визначалися для модельних дерев, на формування крони (її розміри, ажурність, співвідношення між гілками 1 і 2 порядку та інші характеристики) має значний вплив цілий комплекс мікроумов росту кожного конкретного дерева.

Пошук найбільш інформативних факторів впливу для маси деревної

зелені ($q_{\partial 3}$) та маси гілля ($q_{\partial il}$) базувався на кореляційному аналізі, який виявив високий зв'язок компонентів фітомаси крони з діаметром дерева, значний із висотою та довжиною крони ($l_{кр}$), помірний з діаметром поперечника крони ($d_{кр}$), що дає підстави включати ці параметри під час моделювання залежних змінних (табл. 3).

Таблиця 3

Коефіцієнти кореляції маси деревної зелені та гілок із таксаційними показниками модельних дерев

Показник	$d_{1,3}$, см	h , м	$d_{кр}$, м	$l_{кр}$, м
$q_{\partial 3}$, кг	0,81	0,64	0,55	0,60
$q_{\partial il}$, кг	0,76	0,50	0,46	0,61

Додатково до кореляційного аналізу здійснено графоаналітичний аналіз залежності маси деревної зелені та маси гілля від морфометричних ознак дерева (фрагменти аналізу на рис.).

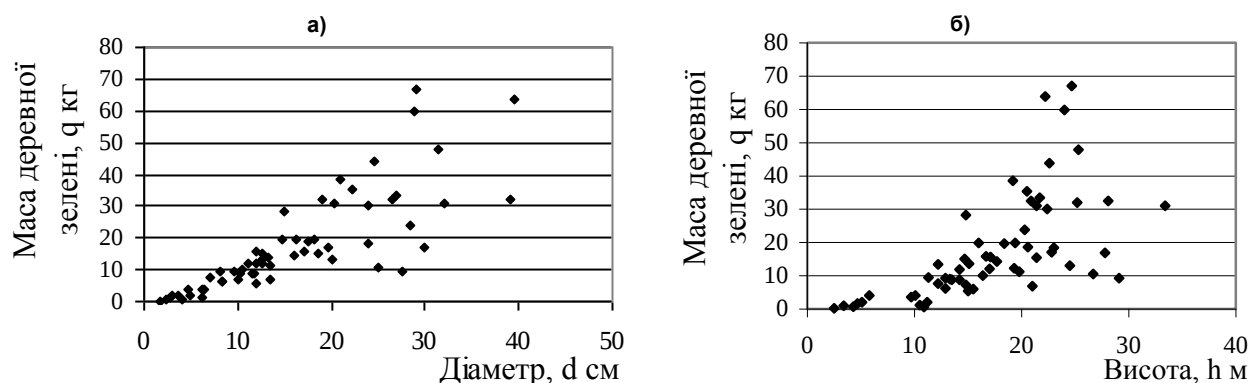


Рис. Залежність маси деревної зелені загального масиву даних від:
а) діаметра стовбура; б) висоти стовбура

Загалом графіки підтверджують наявність тісного кореляційного зв'язку, особливо за малих значень діаметра і висоти. При цьому зв'язок із діаметром суттєвіший, ніж із висотою, і спостерігається навіть за максимальних значень цього параметра. Водночас, у межах ступеня товщини зі збільшенням висоти маса деревної зелені і гілля зменшується, що відповідає природним закономірностям формування крони світлолюбних порід.

У результаті комплексного аналізу встановлено адекватні моделі

фітомаси деревної зелені та гілля дерев ясена звичайного:

$$q_{\text{дз}} = 2,980 \cdot d^{1,708} \cdot h^{-1,029}, (R^2=0,70); \quad (3)$$

$$q_{\text{з.л.}} = 1,92 \cdot 10^{-3} \cdot d^{4,151} \cdot h^{-0,844}, (R^2=0,95). \quad (4)$$

На відміну від попередніх змінних, такі показники як вміст абсолютно сухої речовини у листі ($s_{\text{л}}$) та частка листя у деревній зелені ($p_{\text{л}}$) мають слабкий кореляційний зв'язок зі всіма таксаційними характеристиками дерева, до того ж, для частки листя цей зв'язок обернений, хоча для обох показників характерний нормальний розподіл (табл. 4).

Таблиця 4

Основні статистики вмісту абсолютно сухої речовини у листі та частки листя у деревній зелені ясена звичайного

Ознака	Статистики						
	$\min$	$\max$	$\bar{X}$	σ	v	A	E
$s_{\text{л}}$	0,25	0,49	0,36	0,046	12,8	-0,121	0,399
$p_{\text{л}}, \%$	36	87	62	11,1	17,9	-0,279	-0,181

У всіх випадках фактичні значення не перевищують критичних (для 192 спостережень, за якими визначали вміст абсолютно сухої речовини у листі, критичні значення показника асиметрії – 0,280, ексцесу – 0,570; для 64 спостережень частки листя у деревній зелені відповідно – 0,459 і 1,01) [11]. Цей фактор та незначна варіація дають змогу як базові прийняти середні значення досліджуваних показників.

Подальші розрахунки, фрагмент яких наведено у табл. 5, здійснені за алгоритмом розроблення нормативів для оцінки основних компонентів фітомаси дерева [12].

Маса листя та маса крони загалом зростають зі збільшенням діаметра і висоти дерева, але зменшуються зі збільшенням висоти за сталого діаметра. Загальна фітомаса дерева зростає зі збільшенням цих таксаційних показників.

**Надземна фітомаса дерев ясена звичайного у абсолютно сухому стані
залежно від діаметра і висоти, кг**

Діаметр, см	Висота, м								
	10	12	14	16	18	20	22	24	26
10	36	39	42						
12	52	56	61	66					
14	73	78	84	90	97				
16	98	104	111	120	128	137			
18	130	136	145	155	165	176	187		
20	168	175	184	196	208	221	235	249	
22	215	221	231	244	258	273	289	306	322
24	271	276	287	300	316	333	351	370	390
26		341	351	366	383	402	422	444	466
28		418	427	441	459	480	502	526	551
30			514	528	547	569	593	619	646
32			615	628	646	669	695	723	753
34			732	742	759	782	809	839	871

Висновки. Найбільш інформативними, статистично достовірними факторами (5%-й рівень значущості) впливу на мінливість морфологічних, структурних і якісних показників компонентів фітомаси дерев ясена звичайного є діаметр на висоті 1,3 м та висота дерева. Ці таксаційні показники легко визначаються в польових умовах, що важливо під час проведення інвентаризаційних робіт. За прямою залежністю від діаметра і висоти у цьому дослідженні змодельовані об'єм кори, маса деревної зелені та гілля ясена звичайного, об'єм стовбура визначали через модель видового числа за класичною формулою лісової таксації.

Для вмісту абсолютно сухої речовини у листі та частки листя у деревній зелені прийняті середні значення цих показників, оскільки вони мають слабкий кореляційний зв'язок зі всіма таксаційними характеристиками дерева за незначної мінливості.

Розроблені нормативи оцінки компонентів ясена звичайного сприятимуть комплексному використанню лісових ресурсів Правобережного Лісостепу.

Список використаних джерел

1. **Гордієнко М.І.** Лісівничі властивості деревних рослин : моногр. / М. І. Гордієнко, Н. М. Гордієнко. – К. : ТОВ „Вістка”, 2005. – 817 с.
2. **Лакида П.І.** Фітомаса лісів України : моногр. / Лакида П. І. – Тернопіль: Збруч, 2002. – 256 с.
3. **Лакида П.І.** Біологічна продуктивність дубових деревостанів Поділля : моногр. / Лакида П.І., Лашенко А.Г., Лашенко М.М. – К.: ННЦ ІАЕ, 2006. – 196 с.
4. **Лакида П.І.** Фітомаса березових лісостанів Українського Полісся : моногр. / П.І. Лакида, Л.М. Матушевич – К.: ННЦ ІАЕ, 2006. – 228 с.
5. **Лакида П.І.** Біопродуктивність лісів Львівщини та її динаміка : моногр. / П.І. Лакида, Г.С. Домашовець. – Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.С., 2009. – 235 с.
6. **Лакида П.І.** Осичники Східного Полісся України – надземна фітомаса та депонований вуглець : моногр. / Лакида П.І., Білоус А.М., Васишин Р.Д. – Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.С., 2010. – 255 с.
7. **Лакида П.І.** Фітомаса вільшняків Західного Полісся України : моногр. / П.І. Лакида, І.В. Блищик – Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.С., 2010. – 237 с.
8. **Лакида П.І.** Ліси Черкащини: біопродуктивність і динаміка : моногр. / П.І. Лакида, О.В. Морозюк. – Корсунь-Шевченківський: ФОП Гавришенко В.М., 2011. – 222 с.
9. **Лакида П.І.** Надземна фітомаса та вуглецево-енергетичний потенціал ялицевих деревостанів Українських Карпат: моногр. / Лакида П.І., Васишин Р.Д., Васишин О.М. – Корсунь-Шевченківський: ФОП Гавришенко В.М., 2010. – 240 с.
10. **Матейко І.М.** Структура насаджень ясена звичайного у Правобережному Лісостепу України / І.М. Матейко, А.Е. Оборська // Наук. вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2012. – Вип.

171. – Ч. 3. – С. 66-72.

11. Никитин К.Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 272 с.

12. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України / Лакида П. І. та ін. – К. : Видавничий дім „ЕКО-інформ, 2011. – 192 с.

13. Україна та глобальний парниковий ефект / [Букша І.Ф., Гожик П.Ф., Ємельянова Ж.Л. та ін.]; за ред. В. В. Васильченка. – [Кн. 2. «Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до клімату»]. – К.: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 1998. – 208 с.

14. Усольцев В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев / Усольцев В. А. – Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1985. – 192 с.

15. FAO Global Forest Assesment 2005, Main Report. FAO Forestry Paper 147. – Rome, 2006. – 320 p.

16. Fischlin A. Concern on Climate Change / Fischlin A. // 2nd World Scientific Congress Challenges in Botanical Research and Climate Change. Programme Book of abstract 29 Juni – 4 july 2008. Delft, The Netherlands. – P. 2.

17. Nicholas Stern. The Economics of Climate Change. The Stern Review / Nicholas Stern / Cabinet Office – HM Treasury, Publication date : January 2007. – 712 p.

П.И. Лакида, И.М. Матейко, А.Э. Оборская, Р.Д. Василюшин

НОРМАТИВЫ ОЦЕНКИ КОМПОНЕНТОВ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ ЯСЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Приведены результаты разработки нормативов оценки компонентов надземной фитомассы деревьев ясеня обыкновенного Правобережной Лесостепи Украины, которые являются составной частью комплексного оценивания в единицах массы общих запасов деревьев и древостоев главных лесообразующих пород. Основанием алгоритма послужило моделирование качественных и количественных параметров компонентов фитомассы деревьев в результате биометрической оценки 391 модельного дерева разных возрастных групп в диапазоне 5-86 лет.

Ключевые слова: Правобережная Лесостепь, ясень обыкновенный, ствол, кора, плотность, фитомасса, диаметр, высота

P.I. Lakyda, I.M. Mateiko, A.E. Oborska, R.D. Vasylyshyn

STANDARDS FOR EVALUATION ABOVEGROUND PHYTOMASS COMPONENTS OF ASH TREES IN THE RIGHT-BANK OF THE PARTIALLY-WOODED STEPPE ZONE OF UKRAINE

The results of normative development standards evaluation for components of aboveground phytomass of Ash trees in the Right-bank Partially-wooded steppe of Ukraine, are presented which is part of complex assessment in a mass of common trees and forestry plantations of the major forest tree species. The algorithm of constructing normative reference tables is based on modeling qualitative and quantitative parameters of components phytomass of trees on the results of biometric assessment model of 391 trees different age groups in the range of 5-86 years.

Key words: Partially-wooded steppe, Ash, trunk, bark, density, phytomass, diameter, height