



## Original researches

**Phytomass of the Crown Component  
of Robinite Forests in the Northern Steppe of Ukraine**

S. A. Sytnyk

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Received: 03 July 2019  
Revised: 09 July 2019  
Accepted: 10 July 2019Dnipro State Agrarian and Economic  
University, Serhii Efremov Str., 25, 49000,  
Dnipro, UkraineTel.: +38-093-015-46-10  
E-mail: sytnyk.s.a@dsau.dp.uaCite this article: Sytnyk, S. A. (2019).  
Phytomass of the crown component of robinite  
forests in the Northern Steppe of Ukraine.  
*Agrology*, 2(3), 139–145. doi: 10.32819/019020

**Abstract.** The main factors influencing the formation of phytomass of forest plantations are the genetics and origin of the tree species, the conditions of natural habitat, the way of planting, the forest vegetation, weather and climatic conditions of treestanding and the biometric characteristics. The purpose of the study was to develop the norms for assessing the components of the above-ground phytomass of the structural components of the crown of robinite treestands in the Northern Steppe of Ukraine. The classical forest-tactical method of material collecting and processing is used in the research. Correlation analysis was used for the statistical processing of data and the regression dependence of the phytosanitary components of the crown plantings of the unrealized plantings from the taxonomic and forestry indices of the treestand was established. A working data set has been formed, which characterizes the phytosanitary components of the kрона for assessing the biotic productivity of artificial pine forests. Three-factor mathematical models for estimating phytomass of the crown - branches in the cortex, woody greens and leaves are developed and presented. The informative, statistically significant predictors during the development of mathematical models determined the average data of the diameter and height of the stands and relative completeness. Phytomass of wood greens and leaves will be larger in the planting, where the smaller is the average diameter in trees with the same average height and relative completeness. Indicators of the average height of the tree stand and its relative completeness in mathematical models have a positive value, which causes an increase in the phytomass of the components of the crown (branches, woody greens and leaves) with the increase of the indicated biometric and forestry parameters. On the basis of regression models, normative informational tables for the Northern steppe zone of Ukraine were constructed. The proposed allometric equations for calculating the phytomass of branches, woody greens and leaves can be used for practical forest management purposes during forest inventory works, determination of forest use volumes with an orientation towards comprehensive development of resources of robin forest stands.

**Keywords:** mathematical modeling; norms of phytomass; tax indicators of the forest stand; *Robinia pseudoacacia* L.

**Фітомаса компонентів крони робінієвих деревостанів  
у Північному Степу України**

С. А. Ситник

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

**Анотація.** Основними чинниками, які впливають на формування фітомаси лісових насаджень, є генетика і походження деревного виду, умови природного ареалу, спосіб створення насаджень, лісорослинні та погодно-кліматичні умови, в яких функціонує деревостан та біометричні характеристики деревостану. Мета дослідження полягала в розробленні нормативів оцінювання компонентів надземної фітомаси структурних компонентів крони робінієвих деревостанів в умовах Північного Степу України. У представленій роботі використана класична лісотаксаційна методика збору та обробки матеріалу. Для статистичного оброблення вихідних даних використано кореляційний аналіз та встановлено регресійні залежності компонентів фітомаси крони насаджень робіні несправжньоакації від таксаційних та лісівничих показників деревостану. Сформовано робочий масив даних, який характеризує компоненти фітомаси крони для оцінювання біотичної продуктивності штучних соснових деревостанів. Розроблено та наведено трифакторні математичні моделі оцінювання фітомаси крони – гілок у корі, деревної зелені та листя. Інформативними, статистично достовірними предикторами під час розроблення математичних моделей визначено середні дані діаметра й висоти деревостанів та відносну повноту. У деревостанах з однаковою середньою висотою і відносною повнотою фітомаса деревної зелені і листя буде більшою в тому насадженні, де меншим є середній діаметр. Показники середньої висоти деревостану та його відносної повноти в математичних моделях мають додатне значення, що зумовлює збільшення фітомаси компонентів крони (гілок, деревної зелені та листя) зі збільшенням зазначених біометричного та лісівничого параметрів. На основі регресійних моделей побудовано нормативно-інформаційні таблиці для зони Північного Степу України. Запропоновані аллометричні рівняння

розрахунку фітомаси гілок, деревної зелені та листя можна використовувати для практичних цілей ведення лісового господарства під час проведення лісоінвентаризаційних робіт, визначення обсягів лісокористування з орієнтацією на комплексне освоєння ресурсів робінієвих деревостанів.

**Ключові слова:** математичне моделювання; нормативи фітомаси; таксаційні показники деревостану; *Robinia pseudoacacia* L.

## Вступ

Ліси різних природних зон є найважливішими біосферними екологічними системами, які надають суспільству найрізноманітніші та різноспрямовані системні сервіси (Rieger et al., 2017; Felipe-Lucia et al., 2018). Функції лісів в умовах зміни клімату є предметом актуальних досліджень в усьому світі (Meier et al., 2012; Seidl et al., 2016; Sohngen & Tian, 2016), і в Україні зокрема (Lakyda, et al., 2012; Sytnyk & Lovynska, 2016).

Однією з найважливіших функцій лісових екосистем є секвестрація діоксиду вуглецю в біомасі дерев, яка за оцінками дослідників може сягати  $2,4 \pm 0,4 \text{ PgC рік}^{-1}$  (Pan et al., 2011). Оцінювання екосистемних сервісів лісів зосереджено на закономірностях варіабельності надземної біомаси насаджень (Uri et al., 2012; Nord-Larsen & Nielsen, 2015; Schepashenko et al., 2018). З цієї причини набув розвитку метод математичного моделювання, запропоновані алометричні рівняння для оцінювання актуальної біомаси лісотвірних деревних порід як на рівні індивідуального дерева (Forrester et al., 2017; Sytnyk et al., 2018), так і на рівні деревостану (Ledermann & Neumann, 2006; Teobaldelli et al., 2009). Проте математичні моделі, розроблені для лісотвірних видів в умовах певної природної зони, не можуть бути використані в діяльності лісгосподарських підприємств іншої природної зони з-за різниці едафо-кліматичних та лісорослинних умов, які є одними з визначальних факторів формування фітомаси насаджень.

Робінія несправжньоакація (акація біла, *Robinia pseudoacacia*) – інтродуцент з Північної Америки, у Степу України використовується як лісова культура. Різносторонні вектори господарчого потенціалу даного виду висвітлені у численних сучасних публікаціях. Дослідженнями доведено імунопотенційну дію полісахаридів квіток *Robinia pseudoacacia* щодо вірусу геморагічної хвороби тварин (Yang et al., 2017). Біологічно активні речовини, отримані з репродуктивних органів робінії, є важливими для розроблення імунопотенціаторів рослинного походження. Оприлюднено також ефективність використання листя робінії несправжньоакації як економічно доцільних та економічно ефективних біомоніторів для моніторингу аерополітантів, присутність яких у повітрі встановлювали за протоколами EPA 3550 C 2007 та EPA 8270 D 2014 (Carozzi et al., 2017). Листя робінії несправжньоакації пропонують використовувати і в силосованні кормів для свійських тварин. Дослідженнями Ні зі співавторами (2018) запропоновано 11 штамів молочнокислих бактерій, серед яких найбільш ефективними визнано штами *Weissella confusa*, *Lactobacillus reuteri* та *Lactobacillus plantarum*. Усі досліджувані штами виявили антибактеріальну активність проти *Listeria* sp, *Escherichia* sp, *Salmonella* sp та *Acetobacter pasteurianus*.

Завдяки швидкому росту і здатності фіксувати атмосферний азот, доцільним визнано застосування *Robinia pseudoacacia* задля створення протиерозійних насаджень при рекультивції земель, трансформованих техногенною діяльністю (Masuyk, 2009; Kou et al., 2016; Liang et al., 2018). Особливо цікавим виявився аналіз наукових публікацій китайських учених, які ототожнюють перш за все прикладне використання робінії та певну подібність погодно-кліматичних умов Лесового Плато (Loess Plateau, 黄土高原) та Північного Степу України (сума та річний розподіл опадів, лімітуючий екологічний чинник – дефіцит ґрунтової вологи). Yan із співавторами (2017) досліджували вплив рекурентної посухи на баланс

вуглецю робінії. Для розуміння відповіді вуглецевого балансу на дію посухи спостерігали динамічні зміни фізіологічних ознак асиміляційного апарату цього виду. Показано припинення ростових процесів, зниження рівня засвоєння вуглецю та інтенсивності дихання під час циклів посухи. Крім того, посуха спричиняла зменшення діаметра стовбура, що перешкоджало оптимальному функціонуванню флоєми та транслокації вуглецю, а отже, зменшувало вміст неструктурних вуглеводів у тканинах робінії (Yan et al., 2017).

Зазначимо диспропорцію між поширеністю, економічною та екологічною значущістю робінії несправжньоакації у лісгосподарській діяльності як у світі, так і в Степу України, а також відсутністю нормативів оцінювання біотичної продуктивності, яка має бути базисом для визначення екологічних послуг лісових екосистем.

Викладене переконливо свідчить про актуальність розроблення комплексу нормативів оцінювання компонентів надземної фітомаси крони деревостанів робінії несправжньоакації у природній зоні Північного Степу України, що й стало метою цього дослідження. Тобто, ми прагнули розробити комплекс алометричних моделей оцінювання структурних компонентів фітомаси крони деревостанів з використанням основних таксаційних параметрів деревостанів як предикторів математичних рівнянь в діяльності лісгосподарських підприємств Державного Агентства лісових ресурсів у межах Дніпропетровської області.

## Матеріал і методи досліджень

Об'єкт дослідження – деревостани робінії несправжньоакації, які зростають в умовах Північного Степу України (рис. 1). У степових лісових насадженнях одним з найменш охарактеризованих лісових деревних порід у контексті формування фітомаси є *Robinia pseudoacacia* L. Завдяки значній біотичній продуктивності робінія є другою за економічною доцільністю лісотвірною породою Степу України. Запас стовбурової деревини *Robinia pseudoacacia* в лісових насадженнях Північного Степу України оцінено у 2625,2 тис. м<sup>3</sup>, що робить даний вид однією з найважливіших лісотвірних деревних порід степової зони (Lakyda & Sytnyk, 2014). За цим показником робінія несправжньоакація в досліджуваній зоні поступається лише сосні звичайній (*Pinus sylvestris* L.), деревостани якої мають запас стовбурової деревини 4571,0 тис. м<sup>3</sup> (Lovynska & Sytnyk, 2016).

Предмет дослідження – біотична продуктивність компонентів крони робінієвих деревостанів Північного Степу України. Оцінку біопродуктивності за компонентами фітомаси крони робінієвих насаджень проводили шляхом поєднання емпіричних та теоретичних методів. У межах лісових лісгосподарських підприємств Дніпропетровського обласного управління лісового і мисливського господарства закладено 20 тимчасових пробних площ (ТПП),

Під час проведення польових та лабораторно-камеральних досліджень використовували методику проф. Петра Лакиди (2010). Відбір модельних дерев на ТПП проводили за принципом їх репрезентативності до розподілу за ступенями товщини з урахуванням значень висоти дерев.

Із нижньої, середньої та верхівкової частин крони було відібрано модельні гілки, які використано для визначення частки листя у фракції деревної зелені та вмісту сухої речовини в листі.

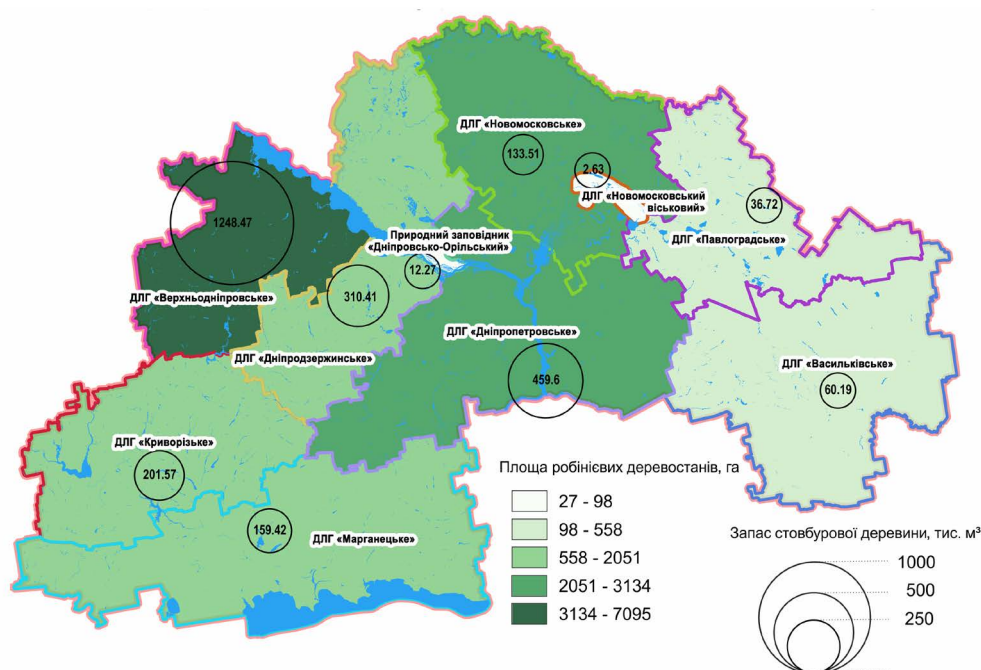


Рис. 1. Характеристика робінієвих насаджень Дніпропетровської області

Сформовано робочий масив даних таксаційних показників для робінієвих деревостанів із включенням таких характеристик: середній діаметр ( $D$ ), середня висота ( $H$ ), фітомаса деревної зелені у свіжозрубаному стані ( $Ph_{sv}$ ), фітомаса гілок в абсолютно сухому стані ( $Ph_{sl}$ ), фітомаса листя в абсолютно сухому стані ( $Ph_{ls}$ ) та таксаційний показник насаджень – відносна повнота ( $P$ ) деревостану. Віковий діапазон досліджуваних деревостанів становив 3–82 роки, а варіювання відносних повнот виявилось досить широким і становило 0,10–1,45. Алгоритм обробки даних поєднував статистичну обробку, кореляційний аналіз, розрахунок регресійних рівнянь та розроблення нормативів оцінювання компонентів фітомаси крони насаджень робінії несправжньоакації залежно від таксаційних показників деревостану. Спеціальну обробку дослідних даних здійснювали за допомогою авторських прикладних програм PERTA, ZRIZ, PLOT, пов'язаних із кількісним та якісним оцінюванням компонентів фітомаси крони деревостану (Lakyda et al., 2010). Статистичну обробку даних та пошук багатовимірних регресійних моделей результатів досліджень проведено за допомогою Excel та програми STATISTICA 12.

### Результати та обговорення

Для математичного моделювання структурних компонентів фітомаси крони використано статистичний аналіз вихідних даних із розрахунком мінімального ( $min$ ) та максимального ( $max$ ) значень, середнього арифметичного показника ( $\bar{X}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ), асиметрії ( $A$ ) та ексцесу ( $E$ ) – табл. 1.

Як демонструє розподіл біометричних показників робінієвих деревостанів, в усіх випадках не спостерігалось перевищення критичних значень асиметрії ( $A_{кр} = 0,723$ , окрім показника середньої висоти) та ексцесу ( $E$ ) – 0,843 ( $p \leq 0,01$ ), тобто робочі масиви вихідних даних відповідали умовам нормального розподілу (Yantsev, 2012). Сукупності даних, що характеризують параметри фітомаси крони, не відповідали умовам нормального розподілу, де фактичні значення асиметрії та ексцесу перевищують їхні критичні значення. Фітомаса гілок, деревної

зелені та листя характеризується додатними значеннями асиметрії, що свідчить про зсув кривої розподілу за цими ознаками праворуч. Від'ємне значення ексцесу для фітомаси деревної зелені демонструє плосковерхівковість кривої розподілу даних цього показника.

Для визначення тісноти зв'язку компонентів фітомаси крони з основними біометричними і лісівничими показниками робінієвих деревостанів послуговувалися кореляційним аналізом (табл. 2).

Аналіз значень коефіцієнтів кореляції дозволив встановити прямий достовірний середньої сили зв'язок фітомаси гілок деревостану з усіма досліджуваними характеристиками насаджень, найтіснішим з яких був зв'язок із середньою висотою деревостану. Найявність прямого високого за тісністю зв'язку встановлено у варіантах між фітомасою листя та фітомасами деревної зелені й гілок. Обернений статистично достовірний зв'язок зафіксовано між фітомасою листя та середнім діаметром і віком насаджень. Значення коефіцієнтів кореляції указують на значущий тісний прямий зв'язок фітомаси деревної зелені зі середньою висотою та відносною повнотою насаджень.

Таблиця 1. Основні статистики розподілу таксаційних показників та компонентів фітомаси крони деревостанів робінії несправжньоакації

Показник	Значення		Статистики			
	$min$	$max$	$\bar{X}$	$\sigma$	$A$	$E$
$A$ , років	3,00	82,0	44,8	21,37	-0,175	0,139
$D$ , см	3,90	26,00	17,73	6,80	-0,722	-0,096
$H$ , м	5,20	21,50	15,72	5,01	-1,065	0,661
$P$	0,10	1,45	0,724	0,35	-0,111	0,421
$Ph_{sv}$ , т·га <sup>-1</sup>	4,53	36,80	12,93	7,92	2,023	-5,628
$Ph_{sl}$ , т·га <sup>-1</sup>	2,74	44,57	16,08	11,27	1,079	1,437
$Ph_{ls}$ , т·га <sup>-1</sup>	1,16	7,28	3,30	1,85	1,032	0,215

**Таблиця 2.** Коефіцієнти кореляції структурних компонентів фітомаси крони робінієвих деревостанів

Показник	<i>D</i> , см	<i>H</i> , м	<i>P</i>	<i>A</i> , років	<i>Ph<sub>г.</sub></i> , т·га <sup>-1</sup>	<i>Ph<sub>д.</sub></i> , т·га <sup>-1</sup>	<i>Ph<sub>л.</sub></i> , т·га <sup>-1</sup>
<i>D</i> , см	1	-	-	-	-	-	-
<i>H</i> , м	0,94	1	-	-	-	-	-
<i>P</i>	0,57	0,68	1	-	-	-	-
<i>A</i> , років	0,81	0,74	0,59	1	-	-	-
<i>Ph<sub>г.</sub></i> , т·га <sup>-1</sup>	0,42	0,59	0,54	0,32	1	-	-
<i>Ph<sub>д.</sub></i> , т·га <sup>-1</sup>	0,17	0,32	0,33	-0,05	0,72	1	-
<i>Ph<sub>л.</sub></i> , т·га <sup>-1</sup>	-0,11	0,03	0,18	-0,22	0,44	0,88	1

Огляд опублікованих наукових робіт дозволяє констатувати відсутність робіт, присвячених дослідженню нормативів оцінювання біотичної продуктивності *Robinia pseudoacacia* за компонентами фітомаси. Алометричні моделі оцінювання надземної біомаси з використанням різних предикторів – біометричних та лісівничих характеристик деревостанів – наведені у численних роботах (Pearson & Dawson, 2003; Hlásny et al., 2011; Zhang et al., 2012; Brus et al., 2014; Dolos et al., 2015). Математичні моделі розроблені переважно для видів, які формують ліси експлуатаційного призначення, функціонування яких спрямовано на отримання головного ресурсу лісу – ділової деревини – *Alnus glutinosa* L. (Lakyda & Blyshhik, 2010), *Abies alba* L. (Jagodziński et al., 2019), *Pinus sylvestris* L. (Lovynska & Sytnyk, 2016; Lovynska et al., 2017), *Fagus sylvatica* L. (Bosela et al., 2016).

Тому подальші дослідження фітомаси структурних компонентів крони деревостанів робінії несправжньоакації були спрямовані на математичне моделювання, за якого використовували комбінації таксаційних показників, що виступали як фактори впливу (табл. 3).

**Таблиця 3.** Регресійні моделі для оцінювання фітомаси компонентів крони деревостанів робінії несправжньоакації у Північному Степу України

Номер моделі	Вид рівняння	Коефіцієнт детермінації
1	$Ph_{гн} = 0,868 \cdot D^{0,605} \cdot H^{0,588} \cdot P^{1,045}$	0,76
2	$Ph_{дз} = 1,938 \cdot D^{-2,217} \cdot H^{2,999} \cdot P^{0,158}$	0,75
3	$Ph_{л} = 4,316 \cdot D^{-2,270} \cdot H^{2,274} \cdot P^{0,288}$	0,68

Більш доцільними розраховано моделі, в яких як фактори впливу використовуються середні діаметр та висота насадження, його відносна повнота. Для фітомаси структурних компонентів крони робінієвих деревостанів отримано трифакторні математичні моделі зі статистично достовірними коефіцієнтами детермінації. У запропонованих моделях спостерігається обернений зв'язок таких структурних компонентів крони, як фітомаса деревної зелені і фітомаса листя зі середнім діаметром насадження, який варіює в межах від -2,217 до -2,270, що свідчить про таксаційну і біологічну коректність залежності. У деревостанах з однаковою середньою висотою і відносною повнотою фітомаса деревної зелені і листя буде більшою в тому насадженні, де меншим є середній діаметр. Показники середньої висоти деревостану та його відносною повноти в математичних моделях мають додатне значення, що зумовлює збільшення фітомаси компонентів крони (гілок, деревної зелені та листя) зі збільшенням зазначених біометричного та лісівничого параметрів.

Узагальнення одержаних результатів теоретичних математичних розрахунків є базисом для розроблення нормативних таблиць, які мають широко застосовуватися в практичній діяльності лісогосподарських підприємств. Для доцільності лісогосподарського використання нормативні таблиці компонентів фітомаси крони робінієвих деревостанів представлено залежно від середнього діаметра та середньої висоти насадження. У результаті проведених розрахунків отримано нормативи оцінювання фітомаси крони досліджуваних робінієвих насаджень для таких структурних компонентів: 1) гілок у корі; 2) деревної зелені; 3) листя – табл. 4–6.

**Таблиця 4.** Фітомаса гілок робінієвих деревостанів в абсолютно сухому стані, т·га<sup>-1</sup>

Діаметр, см	Висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
6	6,6	7,8								
8	7,8	9,3	10,6							
10	9,0	10,6	12,1	13,5						
12		11,9	13,5	15,1						
14			14,9	16,5	18,1					
16			16,1	17,9	19,6	21,2				
18				19,3	21,1	22,8	24,4			
20					22,5	24,3	26,1	27,7		
22						25,8	27,6	29,4	31,1	
24							29,1	31,0	32,7	34,5

**Таблиця 5.** Фітомаса деревної зелені робінієвих деревостанів у свіжозрубаному стані, т·га<sup>-1</sup>

Діаметр, см	Висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
6	7,7	18,3								
8	4,1	9,7	18,9							
10	2,5	5,9	11,5	19,9						
12		3,9	7,7	13,3						
14			5,5	9,5	15,0					
16			4,1	7,0	11,2	16,7				
18				5,4	8,6	12,8	18,3			
20					6,8	10,2	14,5	19,8		
22						6,8	10,2	14,5	19,8	
24							9,7	13,2	17,6	22,9

**Таблиця 6.** Фітомаса листя робінієвих деревостанів в абсолютно сухому стані, т·га<sup>-1</sup>

Діаметр, см	Висота, м									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
6	4,2	8,1								
8	2,2	4,2	7,0							
10	1,3	2,5	4,2	6,4						
12		1,7	2,8	4,2						
14			2,0	3,0	4,2					
16			1,5	2,2	3,1	4,2				
18				1,7	2,4	3,2	4,2			
20					1,9	2,6	3,3	4,2		
22						2,1	2,7	3,4	4,2	
24							2,2	2,8	3,5	4,2

Розраховані нормативи можуть бути рекомендовані до використання в робінієвих насадженнях із середньою висотою в межах від 6 до 24 м та середнім діаметром – від 6 до 24 см включно за модальної повноти 0,9.

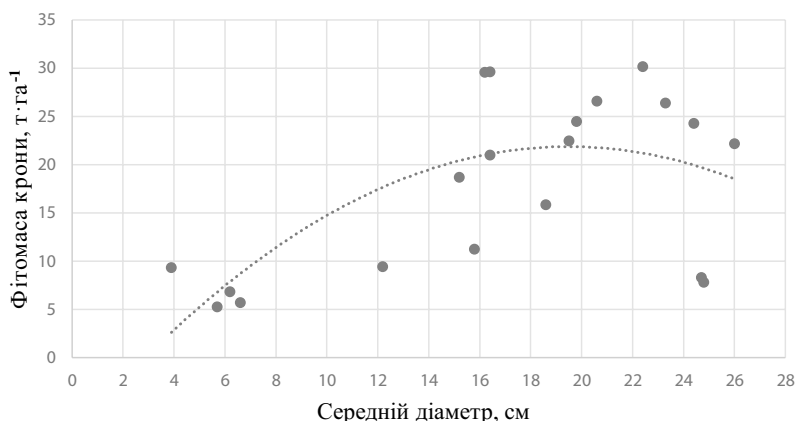
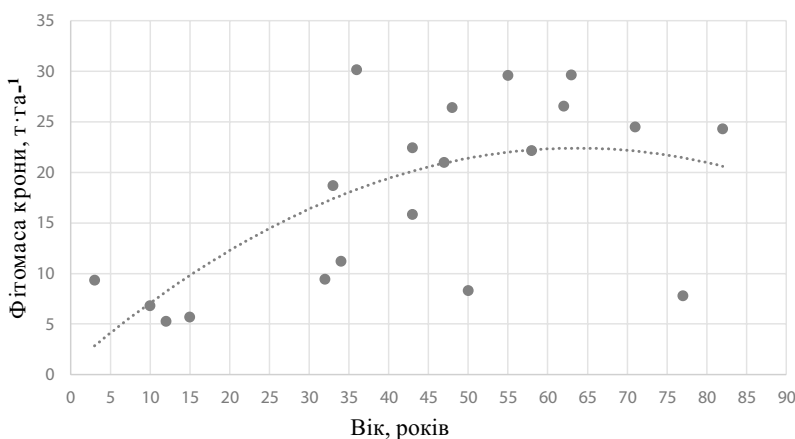
Підкреслимо, що за сталого середнього діаметра насадження зі збільшенням висоти відбувається збільшення фітомаси всіх структурних компонентів крони – гілок у корі, деревної зелені та листя, що й було прогнозовано під час аналізу мате-

матичних моделей, на основі яких і здійснювалися розрахунки. Зворотна тенденція, тобто зменшення фітомаси досліджуваних компонентів крони, спостерігається зі збільшенням середнього діаметра деревостанів за умови сталого значення середньої висоти. У діапазоні значень середнього діаметра деревостану 10–22 см фітомаса гілок і фітомаса листя в абсолютно сухому стані в досліджуваній породі становить 10,6–31,1 т·га<sup>-1</sup> та 2,5–4,2 т·га<sup>-1</sup>, відповідно. За параметрів деревостану  $D = 18$  см і  $H = 16$  м частка гілок у структурі фітомаси крони становить 87,7% та 12,3% – частка листя. Деревна зелень в свіжозрубаному стані в згаданому діапазоні діаметрів деревостанів дорівнює 5,8–19,8 т·га<sup>-1</sup>.

Найбільш значна біотична продуктивність (25–30 т·га<sup>-1</sup>) структурних компонентів крони характерна для деревостанів із значеннями діаметрів стовбуру 18–24 см, подальше збільшення значень діаметра призводить до від'ємного тренду фітомаси крони (рис. 2).

Інтенсивність формування фітомаси крони та її тренд за віком насадження мають враховуватися при визначенні віку стиглості деревостанів, за умови визначення цільового функціонального призначення лісу, врахування природно-кліматичної зони та лісорослинних умов (рис. 3).

Вік стиглості деревостанів для господарської секції “Акацієві” прийняті відповідно до оптимальних віків рубок у лісах України, затверджені Мінлісгоспом України зі змінами, внесеними наказом Держлісгоспу України від 15.10.2009 р. № 269. У степовій зоні України вік стиглості робінії несправжньоакації у госпчастині з особливим режимом користування становить

**Рис. 2.** Тренд фітомаси крони робінієвих деревостанів залежно від середнього діаметра насадження**Рис. 3.** Тренд фітомаси крони робінієвих деревостанів залежно від віку насадження

31–35 років, з обмеженим режимом користування 26–30 років. Проте згідно з даними графіка (рис. 2), максимальні рівні продуктування фітомаси крони деревостани досліджуваної породи в умовах Північного Степу України досягають в діапазоні віку 35–60 років.

Відсутність нормативів оцінювання фітомаси структурних компонентів крони модальних деревостанів робітні несправжньою оцінкою не тільки для зони Північного Степу, а й для інших природних зон та лісорослинних умов України та Європи унеможлиблює порівняння отриманих результатів.

### Висновки

Результати досліджень біотичної продуктивності за компонентами фітомаси крони робітні деревостанів, що формують лісові насадження різного функціонального призначення Північного Степу України, дозволили встановити закономірність збільшення фітомаси гілок крони зі зростанням таксаційних показників деревостанів – середнього діаметра, середньої висоти та відносної повноти. Фітомаса деревної зелені та листя зменшується зі збільшенням значень діаметра стовбура за умови сталої висоти та відносної повноти деревостану.

Інформативними, статистично достовірними предикторами при розробленні моделей визначено середній діаметр та висоту деревостанів, його відносну повноту. Результати математичного моделювання – запропоновані аллометричні рівняння розрахунку фітомаси гілок, деревної зелені та листя – можна використовувати для практичних цілей ведення лісового господарства під час проведення лісоінвентаризаційних робіт, визначення обсягів лісокористування з орієнтацією на комплексне освоєння ресурсів робітні деревостанів.

Розроблені системи нормативно-довідникових даних структурних компонентів фітомаси крони надають можливість розрахунку енергетичного потенціалу модальних штучних робітні деревостанів регіону, оцінювання екосистемних сервісів – секвестрації вуглецю, киснепродуктивності та депонування аеротоксикантів, на що й будуть спрямовані подальші дослідження.

*Науковий консультант – професор П. І. Лакида*

### References

- Bosela, M., Štefančík, I., Petráš, R. & Vacek, S. (2016). The effects of climate warming on the growth of European beech forests depend critically on thinning strategy and site productivity. *Agriculture & Forestry Meteorology*, 222, 21–31. doi: [10.1016/j.agrformet.2016.03.005](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.03.005)
- Brus, D. J., Hengeveld, G. M., Walvoort, D. J., Goedhart, P.W., Heidema, A. H. & Nabuurs, G. J. (2012). Statistical mapping of tree species over Europe. *European Journal Forest Resources*, 131, 145–157. doi: [10.1007/s10342-011-0513-5](https://doi.org/10.1007/s10342-011-0513-5)
- Capozzi, F., Di Palma, A., Adamo, P., Spagnuolo, V., & Giordano, S. (2017). Monitoring chronic and acute PAH atmospheric pollution using transplants of the moss *Hypnum cupressiforme* and *Robinia pseudoacacia* leaves. *Atmospheric Environment*, 150, 45–54. doi: [10.1016/j.atmosenv.2016.11.046](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.11.046)
- Dolos, K., Bauer, A., & Albrecht, S. (2015). Site suitability for tree species: Is there a positive relation between a tree species' occurrence and its growth? *European Journal of Forest Research*, 134, 609–621.
- Felipe-Lucia, M. R., Soliveres, S., Penone, C., Manning, P, Van der, P. F., Boch, S., Prati, D., Ammer, C., Schall, P., Gossner, M. M., Bauhus, J., Buscot, F., Blaser, S., Blüthgen, N., Ehbrecht, M., Frank, K., Goldmann, K., Hänsel, F., Jung, K., Kahl, T., Nauss, T., Oelmann, Y., Pena, R., Polle, A., Renner, S., Schloter, M., Schöning, I., Schrumpf, M., Schulze, E. D., Solly, E., Sorkau, E., Stempfhuber, B., Tschapka, M., Weisser, W. W., Wubet, T., Fischer, M. & Allan, E. (2018). Multiple forest attributes underpin the supply of multiple ecosystem services. *Nat Commun*, 9, 4839. doi: [10.1038/s41467-018-07082-4](https://doi.org/10.1038/s41467-018-07082-4)
- Forrester, D. I., Tachauer, I. H., Annighoefer, P., Barbeito, I., Pretzsch, H., RuizPeinado, R., Stark, H., Vacchiano, G., Zlatanov, T., Chakraborty, T., Saha, S. & Sileshi, G. W. (2017). Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate. *Forest Ecological Management*, 396, 160–175. doi: [10.1016/j.foreco.2017.04.011](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.011)
- Hlásny, T., Barcza, Z., Fabrika, M., Balázs, B., Churkina, G. & Pajtík, J. (2011). Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. *Climate Resources*, 47, 219–236. doi: [10.3354/cr01024](https://doi.org/10.3354/cr01024)
- Jagodziński, A., Dyderski M., Gęsikiewicz K. & Horodecki P. (2019). Tree and stand level estimations of *Abies alba* Mill. aboveground biomass. *Annals of Forest Science*, 76, 55–69. doi: [10.1007/s13595-019-0842-y](https://doi.org/10.1007/s13595-019-0842-y)
- Kou, M., Fayos, P., Hu, H., & Jiao, J. (2016). The effect of *Robinia pseudoacacia* afforestation on soil and vegetation properties in the Loess Plateau (China): A chronosequence approach. *Forest Ecology and Management*. 375(1), 146–158. doi: [10.1016/j.foreco.2016.05.025](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.05.025)
- Lakyda, P. I. & Blyshhik, I. V. (2010). Fitomasa vil'shnjakiv Zahidnogo Polissja Ukrai'ny [Phytomass alders of Western Polissya of Ukraine]. *Korsun Shevchenkivskij, FOP Majdachenko I. S.* (in Ukrainian).
- Lakyda, P. I., & Sytnyk, S. A. (2014). Osobly' vosti taksacijnoyi struktury' derevostaniv Robinia pseudoacacia L. Pry' dnieprovs' kogo Pivnichnogo Stepu Ukrayiny' [Peculiarities of forest inventory structure of black locust stands Steppe in Dnieper Northern of Ukraine]. *Forestry & Forest Melioration*, 125, 25–31 (in Ukrainian).
- Lakyda, P., Nilsson, S. & Shvidenko, A. (1996). Estimation of forest phytomass for selected countries of the former European USSR. *BiomassBioenergy*, 11, 371–382. doi: [10.1016/S0961-9534\(96\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(96)00030-X)
- Ledermann, T. & Neumann, M. (2006). Biomass equations from data of old long-term experimental plots. *Austrian Journal Forensic Science*, 123: 47–64.
- Lovynska, V. & Sytnyk, S. (2016). The structure of Scots pine and Black locust forests in the Northern Steppe of Ukraine *Journal Forest Science*, 62(7), 329–336. doi: [10.17221/120/2015-JFS](https://doi.org/10.17221/120/2015-JFS)
- Lovynska, V. M., Sytnyk, S. A., Maslikova, K. P., Gritsan, Y. I. (2017). Analysis of the productivity of pine stands in plantations in the Northern Steppe of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 25(1), 39–44. doi: [10.15421/011706](https://doi.org/10.15421/011706)
- Masuyk, O. N. (2009). O osobennosti formirovanija kornevoj sistemy robinii lzheakcii v raznyh lesorastitel'nyh uslovijah, sozdannyh na rekul'tivirovannyh zemljah [Features of the formation of the root system Black locust in the different forestry condition created on reclamation lands]. *Visnyk DNU*, 10(1–2), 65–70 (in Russian).
- Meier, E. S., Lischke, H., Schmatz, D. R. & Zimmermann, N. E. (2012). Climate, competition and connectivity affect future migration and ranges of European trees. *Global Ecological Biogeography*, 21, 164–178. doi: [10.1111/j.1466-8238.2011.00669.x](https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00669.x)
- Mina, M., Bugmann, H., Cordonnier, T., Irauschek, F., Klopčič, M., & Pardos, M., (2017). Future ecosystem services from European mountain forests under climate change. *Journal Applied Ecology*, 54, 389–401. doi: [10.1111/1365-2664.12772](https://doi.org/10.1111/1365-2664.12772)
- Ni, K., Yang, H., Ang, H., Hua, W., Wang, Y., & Pang, H. (2016). Selection and characterisation of lactic acid bacteria isolated from different origins for ensiling *Robinia pseudoacacia* and *Morus alba* L. leaves. *Journal of Integrative Agriculture*, 15, 2353–2362. doi: [10.1016/S2095-3119\(15\)61251-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61251-5)
- Nord-Larsen, T. & Nielsen, A. T. (2015). Biomass, stem basic density and expansion factor functions for five exotic conifers grown in Denmark. *Scandinavian Journal Forest Resources*, 30, 135–153. doi: [10.1080/02827581.2014.986519](https://doi.org/10.1080/02827581.2014.986519)

- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S. & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333, 988–993. doi: [10.1126/science.1201609](https://doi.org/10.1126/science.1201609)
- Pearson, R. G. & Dawson, T. P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology Biogeography*, 12, 361–371. doi: [10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x](https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x)
- Rieger, I., Kowarik, I., Cherubini, P. & Cierjacks, A. (2017). A novel dendrochronological approach reveals drivers of carbon sequestration in tree species of riparian forests across spatio-temporal scales. *Science Total Environment*, 574, 1261–1275. doi: [10.1016/j.scitotenv.2016.07.174](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.174)
- Schepaschenko, D., Moltchanova, E., Shvidenko, A., Blyshchuk, V., Dmitriev, E., Martynenko, O., See, L., & Kraxner, F. (2018). Improved estimates of biomass expansion factors for Russian forests. *Forests*, 9, 312. doi: [10.3390/f9060312](https://doi.org/10.3390/f9060312)
- Seidl, R., Aggestam, F., Rammer, W., Blennow, K., & Wolfslehner, B. (2016). The sensitivity of current and future forest managers to climate-induced changes in ecological processes. *Ambio*, 45, 430–441. doi: [10.1007/s13280-015-0737-6](https://doi.org/10.1007/s13280-015-0737-6)
- Sohngen, B., & Tian, X. (2016). Global climate change impacts on forests and markets. *Forest Policy Economy*, 72, 18–26. doi: [10.1016/j.forpol.2016.06.011](https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.06.011)
- Sytnyk, S. A., & Lovynska, V. M. (2016). Energetychnyj potencial nasadzen' golovnyh lisoutvorjuval'nyh porid Pivnichnogo Stepu Ukraïny [Energy potential of the main forestforming stands within Ukrainian Northern Steppe]. *Forestry & Forest Melioration*, 129, 146–153 (in Ukrainian).
- Sytnyk, S., Lovynska, V., Lakyda, P. & Maslikova, K. (2018). Basic density and crown parameters of forest forming species within Steppe zone in Ukraine. *Folia Oecologica*, 45, 82–91. doi: [10.2478/foecol-2018-0009](https://doi.org/10.2478/foecol-2018-0009)
- Teobaldelli, M., Somogyi, Z., Migliavacca, M. & Usoltsev, V. A. (2009). Generalized functions of biomass expansion factors for conifers and broadleaved by stand age, growing stock and site index. *Forest Ecology Management*, 257, 1004–1013. doi: [10.1016/j.foreco.2008.11.002](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.11.002)
- Uri, V., Varik, M., Aosaar, J., Kanal, A., Kukumägi, M., & Lõhmus, K. (2012). Biomass production and carbon sequestration in a fertile silver birch (*Betula pendula* Roth) forest chronosequence. *Forest Ecology Management* 267: 117–126. doi: [10.1016/j.foreco.2011.11.033](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.033)
- Yan, W., Zhong, Y., & Shangguan, Z. (2017). Rapid response of the carbon balance strategy in *Robinia pseudoacacia* and *Amorpha fruticosa* to recurrent drought. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 46–56. doi: [10.1016/j.envexpbot.2017.03.009](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.009)
- Yang, S., Li, G., Zhao, Z., Feng, M., Fu, J., Huang, Z., Song, M., & Lin, S. (2017). The Taishan *Robinia pseudoacacia* polysaccharides enhance immune effects of rabbit hemorrhagic disease virus inactivated vaccines. *Microbial Pathogenesis*, 112, 70–75. doi: [10.1016/j.micpath.2017.09.037](https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.09.037)
- Yantsev, A. V. (2012). Vybor statisticheskikh kriteriev [Selection of statistical criteria]. Symferopol, TNU (in Russian).
- Zhang, Y., Chen, H. Y. H. & Reich, P. B. (2012). Forest productivity increases with evenness, species richness and trait variation: a global metaanalysis. *Journal Ecology*, 100, 742–749. doi: [10.1111/j.1365-2745.2011.01944.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01944.x)