



**С. А. Ситник**

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

## МОДЕЛЮВАННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КРОНИ РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Морфологічні параметри крони лісотвірних порід використовують як предиктори для визначення біомаси асиміляційної складової дерев, яка забезпечує виконання головної біосферної функції рослин. Робінія несправжньоакація (*Robinia pseudoacacia* L.) – одна з найпоширеніших лісотвірних порід Степу України. Цей вид формує лісові насадження переважно захисного функціонального призначення. Проаналізовано морфологічні характеристики крони дерев робінії несправжньоакації у деревостанах, що зростають в умовах Північного Степу України. Дослідження проведено в робінієвих деревостанах на двадцяти пробних площах із рубанням 60 модельних дерев. Оцінено результати кореляційного аналізу параметрів крони із таксаційними показниками модельних дерев. Встановлено прямий тісний достовірний зв'язок між об'ємом крони та діаметром проекції крони й об'ємом стовбура. Не виявлено лінійної залежності між відношенням протяжності крони до діаметра проекції крони та біометричними показниками модельних дерев. Охарактеризовано залежність якісних показників надземної фітомаси – маси деревної зелені та маси гілок від об'єму крони, що описано алометричною та поліноміальною функціями відповідно. Запропоновано моделі оцінювання залежності діаметра проекції та об'єму крони від таксаційних показників дерев (діаметр стовбура на висоті 1,3 м та висота), що можна використовувати в практиці ведення лісогосподарської діяльності в робінієвих насадженнях в умовах степової зони України.

**Ключові слова:** надземна фіто маса; діаметр проекції крони; об'єм крони; кореляційний аналіз; алометрична функція.

**Вступ.** Аналіз морфологічних характеристик крони дерев у лісових насадженнях є однією з передумов оцінювання біологічної продуктивності деревостанів. Площу проекції корони та її об'єм використовують як предиктори для визначення площі листової поверхні та біомаси асиміляційної складової дерев, яка забезпечує виконання головної біосферної функції рослин – синтезу органічної речовини.

Сучасні дослідження параметрів крони дерев у природних лісах і лісових культурах, як складової аналізу екосистемних сервісів лісів, є різноспрямованими як за предметом, так і за об'єктом досліджень. Достатньо широко представлено географію досліджуваних лісів: Австрію (Hasenauer & Monserud, 1998), Бразилію (Alves & Santos, 2002), Урал і Казахстан (Hoffmann & Uolstsev, 2007) Техас і Луїзіану (Chmura et al., 2010).

Структурні особливості архітекtonіки крон, пошук інформативних алометричних моделей для оцінювання її об'єму були предметом досліджень для значної кількості видів лісотвірних порід: *Nothofagus antarctica* (Forster) Oerst. (Gargaglione et al., 2008), *Pinus pinaster* Aiton (Viana et al., 2012), *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (Roaki et al., 2017), *Fagus sylvatica* L. (Husmann & Möhring, 2017).

Проте знання морфологічних особливостей крон вельми обмежені, особливо для деревних видів-інтродуцентів у насадженнях найбільш лісодефіцитного регіону України – Степу. Довгострокові програми розвитку

лісів у Степовій зоні України мають бути спрямовані на збільшення площі, вкритою лісовою рослинністю. Це передбачає підвищення економічної та екологічної значущості лісотвірних порід. Екологічний потенціал дерев передусім зумовлений надземною фітомасою, зосередженій у кроні. За умови дії екстремальних едафо-кліматичних чинників видовий склад степових лісів є обмеженим. У зазначеній природній зоні однією з найпоширеніших і екологічно пластичних деревних порід є робінія несправжньоакація (*Robinia pseudoacacia* L.).

Процеси ростоформування робінії у степових лісових насадженнях вивчав Н. А. Лохматов (Lokhmatov & Gladun, 2004). Його дослідженнями було встановлено, що в основі змін морфоструктури крон робінії несправжньоакації та її намету є хід та темпи утворення пагонів, наростання біомаси і збільшення площі листя, характер виходу їх на максимальні рівні. Однак хід та темпи інтенсифікації пагоноутворення і площі листя не весь період у робінії мають висхідний тренд. З розвитком насаджень відбувається зміна енергії зростання дерев: абсолютні рівні пагоноутворення і площі листя у дерев до певного віку збільшуються, а потім – знижуються. Розміри дерев збільшуються весь час, а відповідного наростання пагонів і листя не відбувається. Цей розрив із віком збільшується: кількість пагонів і листя в одиниці об'єму крон зменшується, що обумовлює прогресивне наростання ажурності та прозорості крон і намету.

### Інформація про авторів:

**Ситник Світлана Анатоліївна**, канд. біол. наук, доцент кафедри садово-паркового господарства. Email: Sytnyk\_Svit@ua.fm

**Цитування за ДСТУ:** Ситник С. А. Моделювання морфометричних показників крони робінії несправжньоакації в умовах Північного Степу України. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 1. С. 34–37.

**Citation APA:** Sytnyk, S. A. (2018). The Modeling of Black Locust Crown Morphometric Indicators in the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(1), 34–37. <https://doi.org/10.15421/40280106>

Зі збільшенням ажурності та прозорості крон і намету робінії з віком пов'язана інтенсифікація задерніння ґрунту: розпочавшись та посилюючись, задерніння призводить до послаблення зростання дерев. Наслідком таких змін у морфоструктурі крон та намету робінії є також огрубіння відпаду та підстилки в її насадженнях.

Зазначене вище може призводити до падіння біологічної продуктивності робінієвих насаджень, тому актуальними є дослідження спрямовані на аналіз морфометричної структури крони робінії несправжньооакації та пошук математичних моделей, що можуть бути використані у практиці ведення лісового господарства в умовах Степової зони України.

**Мета дослідження** – встановлення залежностей параметрів крони дерев робінії несправжньооакації у насадженнях Північного Степу України від таксаційних показників дерев.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження проведено на 20 тимчасових пробних площах (ТПП), закладених у робінієвих насадженнях Північного Степу України.

Робінія несправжньооакація (*Robinia pseudoacacia* L.) – одна з найпоширеніших лісотвірних порід Степу України. Цей вид формує лісові насадження переважно захисного функціонального призначення. Параметри крони дерев робінії несправжньооакації та їхній взаємозв'язок з основними таксаційними показниками досліджували за даними 60 модельних дерев.

Заміри протяжності та діаметра проекції крони здійснювали у двох взаємо-перпендикулярних напрям-

ках, Пн-Пд та Зх-Сх, що узгоджується з Міжнародною методикою визначення параметрів крони ICP Forests (Mateyko, 2013). За літературними даними та власними спостереженнями, об'єм крони визначали як об'єм тої ж геометричної фігури, яку було прийнято за обернений конус (Pretzsch & Dieler, 2011).

Площу бічної поверхні крони розраховано за формулою

$$sk = \pi^{1/2}dkl + \pi(1/2dk)^2, \quad (1)$$

де:  $sk$  – площа бічної поверхні крони,  $m^2$ ;  $dk$  – діаметр проекції крони,  $m$ ;  $l$  – твірна конуса,  $m$ .

Об'єм крони визначено за формулою

$$vk = 1/3 \pi(1/2dk)^2lk, \quad (2)$$

де:  $vk$  – об'єм крони,  $m^3$ ;  $dk$  – діаметр проекції крони,  $m$ ;  $lk$  – протяжність крони,  $m$ . Статистичне оброблення дослідних даних, математичне моделювання проводили з використанням програм "Statistica 10" та "Microsoft Excel-2016".

**Результати дослідження.** На першому етапі дослідження визначено тісноту зв'язку між морфометричними параметрами крони (*протяжність крони* –  $lk$ ,  $m$ ; *діаметр проекції крони* –  $dk$ ,  $m$ ; *площа бічної поверхні крони* –  $sk$ ,  $m^2$ ; *об'єм крони* –  $vk$ ,  $m^3$ ; *відношення протяжності крони до діаметра проекції крони* –  $lk/dk$ ; *відношення протяжності крони до висоти дерева* –  $lk/h$ ) і таксаційними та якісними показниками (*вік* –  $a$ , роки; *діаметр стовбура на висоті 1,3 м* –  $d_{1,3}$ ,  $cm$ ; *висота* –  $h$ ,  $m$ ; *об'єм стовбура* –  $v_{cm}$ ,  $m^3$ ; *маса деревної зелені* –  $q_{дз}$ ,  $kg$ ; *маса гілок* –  $q_{гілок}$ ,  $kg$ ) дерев робінії несправжньооакації у Північному Степу України (табл. ).

**Таблиця. Кореляційна матриця таксаційних показників дерев і параметрів крони робінії несправжньооакації**

Показник	$a$ , років	$d_{1,3}$ см	$h$ , м	$v_{cm}$ , $m^3$	$q_{дз}$ , кг	$q_{гілки}$ , кг	$lk$ , м	$dk$ , м	$sk$ , $m^2$	$vk$ , $m^3$	$lk/dk$	$lk/h$
$a$ , років	<b>1</b>											
$d_{1,3}$ , см	0,76	<b>1</b>										
$h$ , м	0,75	0,90	<b>1</b>									
$v_{cm}$ , $m^3$	0,60	0,91	0,80	<b>1</b>								
$q_{дз}$ , кг	0,36	0,62	0,48	0,65	<b>1</b>							
$q_{гілки}$ , кг	0,29	0,62	0,47	0,83	0,65	<b>1</b>						
$lk$ , м	0,62	0,67	0,75	0,61	0,47	0,43	<b>1</b>					
$dk$ , м	0,34	0,60	0,56	0,59	0,45	0,44	0,41	<b>1</b>				
$sk$ , $m^2$	0,46	0,69	0,66	0,74	0,53	0,61	0,63	0,93	<b>1</b>			
$vk$ , $m^3$	0,43	0,63	0,58	0,72	0,48	0,62	0,53	0,90	0,98	<b>1</b>		
$lk/dk$	0,19*	-0,05*	0,01*	-0,10*	-0,07*	-0,12*	0,33	-0,63	-0,39	-0,42	<b>1</b>	
$lk/h$	-0,36	-0,44	-0,48	-0,32	-0,10*	-0,11*	0,14*	-0,29	-0,15*	-0,14*	0,44	<b>1</b>

Примітка: \* Недостовірні значення коефіцієнтів кореляції.

Отримані значення коефіцієнтів кореляції оцінювали за критичним стандартним достовірним коефіцієнтом, який при  $n = 60$  дорівнює 0,25. Достовірним вважають такий коефіцієнт кореляції, який дорівнює або є більшим за табличний для ступеня безпомилкового прогнозу  $p \geq 95\%$ .

Для оцінювання сили кореляційного зв'язку використовували загальноприйняті критерії Чеддока. Визначено, що діаметр проекції крони дерев робінії несправжньооакації має достовірний прямий середньої сили зв'язок з основними таксаційними показниками дерев – діаметром стовбура на висоті 1,3 м ( $r = 0,60$ ) та об'ємом стовбура ( $r = 0,59$ ). Об'єм крони характеризується сильним прямим зв'язком із площею бічної поверхні крони ( $r = 0,98$ ), діаметром проекції крони ( $r = 0,90$ ) та об'ємом стовбура ( $r = 0,72$ ).

За основу моделювання діаметра крони ( $dk$ ), що виражає залежність цього показника від діаметра на висоті 1,3 м ( $d_{1,3}$ ), та висоти дерева ( $h$ ) прийнято функцію

Г. Претча (Pretzsch et al., 2015). Отримано коефіцієнти для розрахунку діаметра крони робінієвих деревостанів, які наведено в рівнянні 3:

$$dk = \text{Exp} \left( 0,063 + 0,720 \cdot \ln(d_{1,3}) - 0,027h + 0,619 \cdot \ln \left( \frac{h}{d_{1,3}} \right) \right), \quad (3)$$

$$(R^2 = 0,60).$$

Вибір аргументів рівняння під час моделювання залежності об'єму крони базувався на даних кореляційного аналізу і призвів до введення у рівняння значень діаметра стовбура на висоті 1,3 м, діаметра і протяжності крони. Рівняння нелінійної регресії (4) набуло такого вигляду:

$$vk = -52,69 + 0,695d_{1,3} + 21,898dk + 3,40lk, (R^2=0,92). \quad (4)$$

Здійснено пошук інформативних моделей залежності якісних показників надземної фітомаси – маси деревної зелені та гілок від об'єму крони. Обрані експоненціальна (4) та поліноміальна (5) функції, які зображено на рисунку.

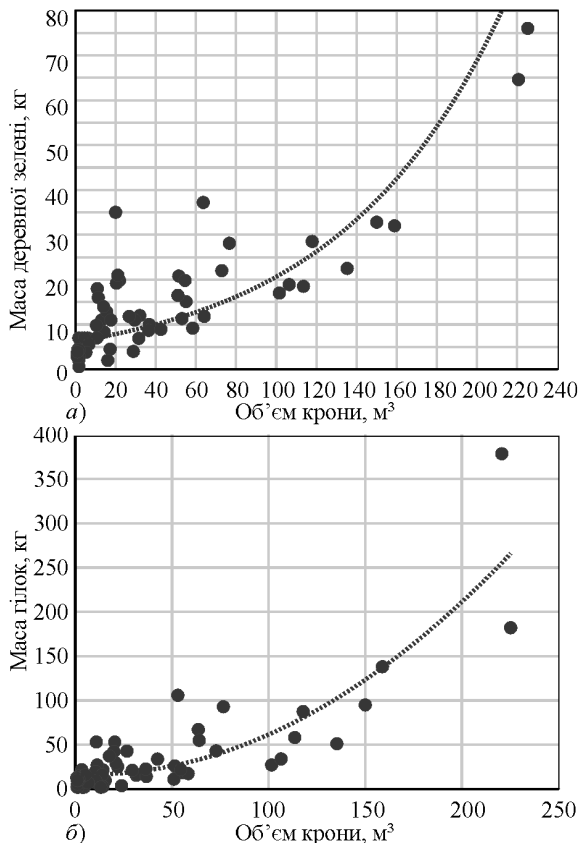


Рис. Залежність маси деревної зелені (а) та маси гілок (в) від об'єму крони

Найбільш інформативні моделі представлено такими рівняннями:

$$q_{дз} = 6,181vk^{0,01217k}, (R^2 = 0,51), \quad (5)$$

$$q_{г} = 0,0053vk^2 - 0,0783vk + 16,63, (R^2 = 0,76). \quad (6)$$

Темпи зростання дерев щодо пагоно- і листяутворення з віком знижуються через те, що насадження загалом, вже у віці молодняка, виходять на їх максимальні рівні й далі на утворення інших фракцій надземної фітомаси. Це обмежує реалізацію ростового потенціалу дерев, вихід на вищі річні рівні пагоноутворення, наростання листя, досягнення ними граничних розмірів за едафо-кліматичних умов степової зони.

**Висновки.** Найбільші значення коефіцієнта кореляції, що вказують на тісноту зв'язків об'єму крони, виявлено для діаметра проекції крони (0,90) та об'єму стовбура (0,72). Розраховано коефіцієнти рівняння Г. Предча для розрахунку діаметра проекції крони робінії несправжньоакації у насадженнях Північного Степу України.

Запропоновано інформативні достовірні математичні моделі для оцінювання залежності об'єму крони робі-

нії несправжньоакації від таксаційних показників дерева (діаметр стовбура на висоті 1,3 м, висота), маси деревної зелені та маси гілок від об'єму крони.

Результати дослідження можна використати для визначення параметрів крони у натурних умовах без рубання модельних дерев робінії під час визначення фітомаси лісових насаджень, проте вони потребують подальшої апробації у робінієвих деревостанах Північного Степу України.

### Перелік використаних джерел

- Alves, L. F., & Santos, F. A. (2002). Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 18(2), 245–260.
- Chmura, D. J., Rahman, M. S., & Tjoelker, M. G. (2007). Crown structure and biomass allocation patterns modulate aboveground productivity in young loblolly pine and slash pine. *Forest Ecology and Management*, 243(2–3), 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.02.027>
- Gargaglione, V., Luis, P., & Gerardo, R. (2010). Allometric relations for biomass partitioning of *Nothofagus antarctica* trees of different crown classes over a site quality gradient. *Forest Ecology and Management*, 259(6), 1118–1129. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.12.025>
- Hasenauer, H., & Monserud, R. A. (1996). A crown ratio model for Austrian forests. *Forest Ecology and Management*, 84(1–3), 49–60. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(96\)03768-1](https://doi.org/10.1016/0378-1127(96)03768-1)
- Hoffmann, C. W., & Usoltsev, V. A. (2002). Tree-crown biomass estimation in forest species of the Ural and of Kazakhstan. *Forest Ecology and Management*, 158(1–3), 59–69. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00669-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00669-1)
- Husmann, K., & Möhring, B. (2017). Modelling the economically viable wood in the crown of European beech trees. *Forest Policy and Economics*, 78, 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.01.009>
- Ishii, H. R., Sillett, S. C., & Carroll, A. L. (2017). Crown dynamics and wood production of Douglas-fir trees in an old-growth forest. *Forest Ecology and Management*, 384, 157–168. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.047>
- Lokhmatov, N. A., & Gladun, G. B. (2004). Forest reclamation in Ukraine: history, conditions, prospects. *The new word*, 256 p.
- Mateyko, I. M. (2013). Simulation of cross-sections of crowns of trees in plantations of common ash in conditions of Right-bank forest-steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(2), 77–83.
- Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E., Dahlhausen, J., Rötzer, T., Calden- tey, J., Koike, T., Con, T., Chavanne, A., Seifert, T., Toit, B., Farnden, G., & Pauleit, S. (2015). Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centers, parks, and forests. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(3), 466–479. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.006>
- Pretzsch, H., & Dieler, J. (2012). Evidence of variant intra- and interspecific scaling of tree crown structure and relevance for allometric theory. *Oecologia*, 169(3), 637–649. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-2240-5>

С. А. Сьтник

Днепро́вский госуда́рственный аграрно-экономический университет, г. Днепр, Украина

## МОДЕЛИРОВАНИЕ MORFOMETРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОНЫ РОБИНИИ ПСЕВДОАКАЦИИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Морфологические параметры кроны лесообразующих пород используют в качестве предикторов для определения биомассы ассимиляционной составляющей деревьев, которая обеспечивает выполнение главной биосферной функции растений. Робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia* L.) – одна из наиболее распространенных лесообразующих пород Степной зоны Украины. Данный вид формирует лесные насаждения преимущественно защитного функционального назначения. Проанализированы морфологические характеристики кроны деревьев робинии псевдоакации в древостоях Северной Степи Украины. Исследования проведены в робиниевых насаждениях на двадцати пробных площадях с рубкой 60 модельных деревьев. Оценены результаты корреляционного анализа параметров кроны с таксационными показателями модельных деревьев. Установлена прямая тесная достоверная связь между

объемом кроны и диаметром проекции кроны, а также объемом ствола. Отсутствие линейной зависимости обнаружено между отношением протяженности кроны к диаметру проекции кроны и биометрическими показателями модельных деревьев. Охарактеризована зависимость качественных показателей надземной фитомассы – массы древесной зелени и массы ветвей от объема кроны. Данные зависимости были описаны аллометрической и полиномиальной функциями соответственно. Предложенные модели зависимости диаметра проекции и объема кроны от таксационных показателей деревьев можно использовать в практике лесохозяйственной деятельности в робиниевых насаждениях степной зоны Украины.

**Ключевые слова:** надземная фитомасса; диаметр проекции кроны; объем кроны; корреляционный анализ; аллометрическая функция.

**S. A. Sytnyk**

*Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine*

## **THE MODELING OF BLACK LOCUST CROWN MORPHOMETRIC INDICATORS IN THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE**

Long-term forest development programs in Steppe Zone of Ukraine aim at increasing the area of the artificial forest stands. This means that the economic importance of the forest-forming tree species Black locust is expected to increase. Crown morphological parameters of the forest-forming species were used as predictors for determining the biomass of the assimilation component of trees, which ensures the realization of the main biosphere function of plants. Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) is one of the most widespread forest-forming species within Ukrainian Steppe. This tree species formed forest plantations mainly for protective functional purposes. The Black locust trees crown morphological characteristics in the forest stands within Northern Steppe of Ukraine were analysed. This research was carried out in the Black locust plantations in twenty sampled plots with felling of sample trees, according to the requirements of ICP Forests. The correlation analysis results of the crown parameters with the biometric indicators of sample trees were estimated. Black locus showed a moderate positive correlation between crown projection diameter and trunk diameter and trunk volume, strong positive correlation between crown volume and the crown area surface, crown diameter and trunk volume. The Pretzsch's function was a basis for modeling of crown projection diameter, the dependence of its parameter from trunk diameter and tree height. Direct reliable relations between the crown volume and the diameter projection, as well as with trunk volume were defined. The absence of the linear relation was found between the ratio of the crown length to the crown projection diameter and the biometric indicators of the sample trees. The dependence of the green mass and the branches mass from crown volume was characterized; it was described by the allometric and polynomial functions, respectively. Thus, the models of the crown projection diameter and the crown volume from sample trees biometric indicators can be used in the practice of forestry activities in the Black locust plantations of the steppe zone of Ukraine.

**Keywords:** above-ground biomass; crown projection diameter; crown volume; correlation analysis; allometric functions.