



ФІТОМАСА КРОНИ ДЕРЕВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ У НАСАДЖЕННЯХ ЧЕРКАСЬКОГО БОРУ

П.І. Лакида, доктор сільськогосподарських наук
А.Є. Шамрай, науковий співробітник

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наведено результати досліджень компонентів фітомаси крони дерев сосни звичайної в штучних деревостанах Черкаського бору.

Вступ. Тривалі та багатогранні дослідження з екології дозволяють вченим констатувати, що лісова екосистема складається зі структурних і функціональних компонентів живої та неживої природи і не є їх механічною сумішшю, а складною інтегрованою біокосною системою, функціонуючою за особливими законами, які часто важко піддаються вивченню та математичній інтерпретації [4]. У математичному моделюванні природних процесів емерджентні властивості об'єктів не завжди можна передбачити, виходячи з властивостей їх компонентів, а, отже, необхідно враховувати якнайбільше різноманітних факторів, тісно взаємопов'язаних один з одним у статичі та динаміці [1]. Дослідження біотичної продуктивності лісових фітоценозів за окремими компонентами фітомаси спрямовані як на теоретичне пізнання процесів росту та розвитку на рівні окремого дерева та деревостану, так і на практичне вирішення питань ра-

ціонального використання і відтворення лісових ресурсів, збереження родючості лісових ґрунтів, розуміння суті біохімічних процесів, що відбуваються в біосфері Землі і забезпечують умови життя на планеті.

Фітомаса лісових насаджень — складний і багатовимірний об'єкт досліджень, що потребує системного підходу у вивченні всіх її компонентів (зелені асимілюючі органи, деревина та кора стовбура, деревина та кора гілок крони, генеративні органи та кореневі системи). В Україні на сьогодні вже проведено ґрунтовні дослідження біотичної продуктивності лісових насаджень для головних лісотвірних порід, певних регіональних, адміністративних об'єктів та лісорослинних зон, які містять дані з фітомаси, продукції і депонованого вуглецю та створено досконале нормативно-інформаційне забезпечення для їх коректної оцінки [6]. Однак параметри продуктивності дерев і деревостанів сильно варію-



ють у залежності від географічних, кліматичних та інших умов місцезростання, особливо компоненти крони дерев. Отже, дослідження складових фітомаси крони штучних сосняків Черкаського бору є актуальними для аналізу регіональних особливостей росту цих унікальних деревостанів Придніпров'я та розробки нормативно-довідкових даних їх оцінки.

Мета досліджень — аналіз особливостей формування та розробка комплексу нормативно-інформаційного забезпечення оцінки компонентів фітомаси крони дерев сосни звичайної в регіоні дослідження.

Матеріали та методика досліджень. Інформаційне забезпечення оцінки та моделювання динаміки компонентів фітомаси крони дерев сосни звичайної у штучних деревостанах Черкаського бору здійснювалось за матеріалами закладених тимчасових пробних площ (ТПП) та зрубаних і опрацьованих на них модельних дерев (МД). Для вирішення завдань дослідження за основу використано методику збору та лабораторної обробки дослідного матеріалу [5]. Комп'ютерне опрацювання вихідних дослідних даних здійснено як з використанням пакетів прикладних програм, адаптованих до зазначеної методики (ПЕРТА, ZRIZ, PLOT), так і сучасних стандартних пакетів обробки комп'ютерної інформації (MS EXCEL, STATISTICA тощо).

ТПП було закладено у Черкаському та Чигиринському державних підприємствах лісового господарства Державного агентства лісових ресурсів України в штучних соснових деревостанах переважających класів бонітету й типу лісорослинних умов (ТЛУ) у кількості 23 шт., де зрубано та оцінено компоненти фітомаси стовбура і крони на 168 модельних деревах. Віковий діапазон деревостанів, що підлягали вивченню, становив від 11

до 91 років, а відносних повнот - від 0,5 до 1,0.

Результати досліджень. Вивчаючи мінливість кількісних показників компонентів фітомаси крони дерева, часто застосовують багатофакторний підхід із залученням певної кількості факторів впливу — таксаційних ознак дерева та деревостану, в якому воно зростало. Відомо [2], що за такого підходу, статистично достовірними бувають лише кілька факторів. При цьому, однак, не слід недооцінювати якісний аналіз вихідних даних (у т. ч. статистичний) як початковий етап математичного моделювання, що включає логічну інтерпретацію та відбір найбільш інформативних факторів і введення їх у рівняння у формі, яка знижує рівень варіювання. Усольцев В.А. [7] вважає, що на першому етапі моделювання важливо виявити більшу кількість статистично значущих факторів, пояснити характер їхнього впливу на динаміку досліджуваного показника та визначити алгоритм для вирішення поставленої задачі.

Для пошуку найбільш інформативних та логічних факторів впливу на результативні ознаки — компоненти фітомаси крони дерев сосни (маса деревної зелені (q_{dz}), масу гілок (q_{gl}) та масу хвої (q_{xv})), досліджувались основні таксаційні ознаки модельних дерев (вік (a), висота дерева (h), діаметр стовбура на висоті грудей (d) та дослідних насаджень (відносна повнота деревостану (P)). Усі перераховані ознаки склали робочий масив даних для їх подальшої статистичної обробки та пошуку регресійних моделей зв'язку.

Статистики розподілу досліджуваних таксаційних ознак (\bar{X} — середнє значення, σ — середнє квадратичне відхилення, v — коефіцієнт варіації, A — асиметрія та E — ексцес), які характеризують модельні дерева і досліджувані деревостани зі сформованого масиву даних, наведено у табл. 1.



Таблиця 1. Основні статистики розподілу досліджуваних таксаційних ознак

Таксаційна ознака	Статистики розподілу				
	\bar{X}	σ	v	A	E
a , років	34,4	19,9	57,9	1,153	1,004
d , см	14,1	7,5	53,4	0,909	0,882
h , м	13,6	6,4	46,8	0,141	-0,578
$q_{дз}$, кг	17,4	18,3	104,9	1,740	3,011
$q_{гд}$, кг	15,5	24,2	156,2	3,323	13,575
$q_{хв}$, кг	12,0	12,3	102,8	1,673	2,748
P	0,74	0,17	23,6	-0,154	-1,604

Аналіз статистик розподілу досліджуваних таксаційних ознак свідчить, що переважаюча більшість з них відповідає закону нормального розподілу за винятком компонентів фітомаси крони, натуральним величинам яких властива правостороння асиметрія і додатна крутість. Цю обставину було враховано під час розробки регресійних рівнянь, побудованих у логарифмічній системі, розподіл величин якої більше відповідає законів нормального розподілу.

Коефіцієнти парної кореляції, наведені в табл. 2, показують, що між основними біометричними ознаками досліджуваних компонентів фітомаси крони дерев сосни ($q_{дз}$, $q_{гд}$ та $q_{хв}$) і таксаційними показниками дерев (a , d , h) у штучних деревостанах Черкаського бору існує тісний додатний зв'язок. Незначний за абсолютною величиною, але значущий кореляційний зв'язок компонентів фітомаси крони з відносною повнотою насадження (P) характеризується від'ємним знаком (обернена залежність), що цілком відповідає біологічній природі формування крони дерев у насадженні — зі зменшенням відносною повноти насадження параметри крони окремих дерев зростають.

Таблиця 2. Коефіцієнти парної кореляції компонентів фітомаси крони дерев сосни з таксаційними показниками дерев та насаджень

Показники	a , років	d , см	h , м	P
$q_{дз}$, кг	0,62	0,85	0,61	-0,10
$q_{гд}$, кг	0,62	0,82	0,59	-0,06
$q_{хв}$, кг	0,61	0,84	0,61	-0,10

Пошук математичних моделей, здатних адекватно описати досліджувані залежності, є найвідповідальнішим етапом у процесі розробки нормативно-інформаційного забезпечення оцінки компонентів фітомаси крони дерева. За результатами досліджень І.В. Карманової [3], при побудові математичних залежностей компонентів фітомаси від морфометричних показників дерева, найчастіше використовують рівняння множинної статистичної алометрії. Цей вид рівнянь використовувався в багатьох біометричних дослідженнях і реалізований у даній роботі. Під час пошуку математичних моделей зв'язку маси деревної зелені, маси гілок та маси хвої з таксаційними параметрами дерев і деревостанів — віком, діаметром, висотою дерев та відносною повнотою деревостанів, було використано значну кількість модельних комбінацій. При цьому на 5% рівні значущості включались показники, що суттєво впливали на залежну змінну та послідовно виключались ті, в яких цей вплив неістотний або взагалі відсутній. Оптимізація моделі для кожного досліджуваного показника зводилась до достатньої мінімізації аргументів та єдиної

Таблиця 3. Моделі для оцінки компонентів фітомаси крони дерев сосни звичайної

Номер моделі	Вид моделі	Q^2
<i>Для оцінки фітомаси деревної зелені</i>		
1.	$q_{dz} = 0,519 \cdot d^{2,621} \cdot h^{-1,359}$	0,82
2.	$q_{dz} = 0,457 \cdot d^{2,472} \cdot h^{-1,192} \cdot P^{0,295}$	0,83
3.	$q_{dz} = 0,415 \cdot d^{2,414} \cdot h^{-1,136} \cdot (1,527 - 0,511 \cdot P^2)$	0,83
4.	$q_{dz} = 0,505 \cdot a^{-0,206} \cdot d^{2,285} \cdot h^{-0,776} \cdot (0,199 + 4,048 \cdot P - 3,531 \cdot P^2)$	0,84
<i>Для оцінки фітомаси гілок крони</i>		
5.	$q_{gk} = 0,031 \cdot d^{3,432} \cdot h^{-1,268}$	0,88
6.	$q_{gk} = 0,036 \cdot d^{3,513} \cdot h^{-1,376} \cdot P^{0,226}$	0,88
7.	$q_{gk} = 0,274 \cdot d^{3,261} \cdot h^{-1,312} \cdot (-0,690 + 2,831 \cdot P - 2,076 \cdot P^2)$	0,92
8.	$q_{gk} = 0,275 \cdot a^{0,627} \cdot d^{3,638} \cdot h^{2,411} \cdot (-0,314 + 1,355 \cdot P - 0,954 \cdot P^2)$	0,92
<i>Для оцінки фітомаси хвої</i>		
9.	$q_{xv} = 0,401 \cdot d^{2,532} \cdot h^{-1,306}$	0,81
10.	$q_{xv} = 0,344 \cdot d^{2,354} \cdot h^{-1,106} \cdot P^{-0,355}$	0,82
11.	$q_{xv} = 0,444 \cdot d^{2,299} \cdot h^{-1,056} \cdot (1,131 - 0,417 \cdot P^2)$	0,82
12.	$q_{xv} = 0,561 \cdot a^{-0,174} \cdot d^{2,242} \cdot h^{-0,788} \cdot (0,996 - 0,419 \cdot P^2)$	0,82

системи таксаційних показників або таких, які легко можна визначити в натурі. Істотна увага приділялась адекватності моделі, оціненої через коефіцієнт детермінації (Q^2) та статистичним аналізом залишків моделі.

У табл. 3 наведено математичні моделі для оцінки компонентів фітомаси крони стовбурів дерев сосни звичайної в досліджуваному регіоні.

Аналізуючи отримані регресійні моделі оцінки основних компонентів фітомаси крони дерев сосни звичайної в штучних деревостанах Черкаського бору варто сформулювати такі узагальнення:

— аргументами в регресійних моделях компонентів фітомаси крони (q_{dz} , q_{gk} та q_{xv}) виступають таксаційні параметри стовбура дерева (a , d , h) та відносна повнота деревостану (P), включені у рівняння на 5% рівні значущості;

— включення параметра віку (a) в регресійні рівняння компонентів фітомаси крони (моделі 4, 8, 12) не веде до істотного підвищення точності моделі;

— відносна повнота деревостану (P) за абсолютною величиною мало впливає в

межах досліджуваної сукупності на результуючі показники компонентів фітомаси крони дерев, однак її внесок у загальну регресію значущий і для моделей 2, 7, 10 відповідає біологічній природі формування параметрів крони в насадженні;

— враховуючи від'ємний знак коефіцієнта при показнику висоти дерева в одержаних математичних моделях (1, 5, 9), можна констатувати, що за інших рівних параметрах стовбура — зі збільшенням висоти дерева маса компонентів крони зменшується;

— для практичного використання та реалізації нормативно-інформаційного забезпечення оцінки компонентів фітомаси крони дерев сосни в досліджуваному об'єкті, з врахуванням точності отриманих регресійних рівнянь та їх адекватності вихідним даним, рекомендовано математичні моделі: для q_{dz} — модель 2; q_{gk} — 7; q_{xv} — 10.

Висновок

Розроблені математичні моделі оцінки основних компонентів фітомаси крони дерев сосни звичайної для штучних насаджень Черкаського бору можуть ви-



користуватися як регіональні нормативно-інформаційні дані у виробничій, науковій та інших сферах діяльності для

ведення лісового господарства на засадах сталості з комплексним використанням усіх ресурсів лісу.

Література

1. Атрощенко О.А. Системный подход и математическое моделирование лесных биогеоценозов // Ботаника: Исслед., — 1984. — № 26. — С. 21–23.
2. Исаева Л.Н. Метод расчета локальной и средней плотности абсолютно сухой древесины в стволах сосны и лиственницы // Лесоведение. — 1978. — №4. — С. 90–94.
3. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. — М.: Наука, 1976. — 221 с.
4. Кучерявий В.П. Екологія. — Львів: Вид-во "Світ", 2000. — 500 с.
5. Лакида П. І. Фітомаса лісів України: Монографія. — Тернопіль: Збруч, 2002. — 256 с.
6. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України / Лакида П.І. та інші. - К.: Видавничий дім "ЕКО-інформ", 2011. — 192 с.
7. Усольцев В.А. О точности регрессионной оценки фитомассы древостоев // Весник с.-х. науки Казахстана. — 1984. — № 9. — С. 77–83.
8. Усольцев В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. — Красноярск: Изд. Красноярск. ун-та, 1985. — 192 с.

АННОТАЦІЯ

Лакида П.І., Шамрай А.Є. Фітомаса крони дерев сосни обыкновенной в насаждениях Черкаського бора // Биоресурсы и природопользование. — 2013. — 5, № 1–2. — С. 79–83.

Приведены результаты исследований компонентов фитомассы крон сосны обыкновенной в искусственных древостоях Черкаского бора.

SUMMARY

P. Lakyda, A. Shamrai. Phytomass of pine trees in forest plantations in Cherkassky pine forests // Biological Resources and Nature Management. — 2013. — 5, № 1–2. — P. 79–83.

The results of the research of phytomass components of scotch pine in artificial stands of Cherkassy pine forest are presented.