

деревьев липы и разработано их математические модели. Используя разрядную шкалу высот, модели полндревесности и размерно-качественной структуры стволов деревьев, построено разрядные сортиментные таблицы.

Ключевые слова: объём, видовое число, математическая модель, разряд высот, деловая древесина, дрова, отходы, размерно-качественная структура, сортиментные таблицы.

The statistical analysis of research data was conducted. Mathematical model of relative heights for immature and middle-aged linden stands was developed, on the basis of which class tables were made. The research of index change norms of size-quality structure of linden tree trunks was done and its mathematical model was developed. Using class height tables, mathematic models of full body and size-quality structure of linden tree trunks class assortment tables were made.

Key words: volume, full-timber-factor, mathematical model, the discharge heights, merchantable timber, firewood, wood wastes size-quality structure, assortment tables.

УДК 630*18

АНАЛІЗ ПРОСТОРОВИХ ТА БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ У СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНАХ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

А. Ю. Терентьев, кандидат сільськогосподарських наук
e-mail: terentiev.andr@ukr.net

Застосування сучасних методів досліджень із використанням можливостей дистанційного зондування дає змогу отримати не тільки біометричні показники, а й дані щодо просторового розміщення дерева, тобто можливість моделювати окреме дерево як складову насадження, з урахуванням їхніх взаємозв'язків у деревостані. До таких показників можна віднести площу живлення одного дерева. Дослідження проводили на основі даних 15 пробних площ, закладених у 40–135-річних соснових насадженнях Черкаської та Сумської областей. Пробні площі закладено з використанням апаратно-програмного комплексу Field-Mar, що дало змогу отримати дані за такими показниками: площа проекції крони, висота прикріплення крони, висота першого мертвого сучка, протяжність крони. Додатково було розраховано: площу живлення окремого дерева, середню віддаль від сусідніх дерев, кількість сусідніх дерев. У результаті досліджень виявлено залежності та зв'язки між просторовими і біометричними показниками окремого дерева на ділянці

та усередненими просторовими параметрами і таксаційними характеристиками деревостану.

Ключові слова: діаметр, висота, площа живлення, просторове розміщення, середня віддаль від сусідніх дерев, площа крони.

Екологічна та ресурсна ситуація у сучасному світі вимагає точних та повних знань про актуальний стан екосистем. Ліси містять значну частку запасів біологічної матерії на планеті, яку широко використовують у різних сферах виробництва. Тому керування ресурсними можливостями та екологічним станом на глобальному чи регіональному рівнях можливе лише за умов наявності повної інформації про стан та процеси, що відбуваються в лісах. Оскільки наша держава проводить активну політику, спрямовану на інтеграцію до світових спільнот, важливим є врахування міжнародних стандартів та національних особливостей лісового господарства. Насамперед це стосується гармонізації підходів у лісооблікових роботах та оцінюванні стану лісів. Для незалежної України важливими є розробка та реалізація власної лісової політики, яка має враховувати реальний ресурсний потенціал. Завдання лісової політики – забезпечити збалансовану рівновагу між охороною лісових екосистем і постійним, невиснажливим, багатоцільовим лісокористуванням [1].

Ліси України, згідно з Лісовим кодексом України, виконують переважно екологічні (водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі, рекреаційні), естетичні та виховні функції та водночас мають обмежене експлуатаційне значення. Часто ці дві цілі суперечать одна одній, тож головне завдання, яке стоїть перед лісівниками, – знайти оптимальний режим управління лісами, щоб максимально ефективно виконати ці два завдання. Основним елементом раціонального лісокористування і сталого розвитку лісового господарства України є його ведення з урахуванням екологічної складової. Для цього треба мати актуальну й достовірну інформацію про різноманітні сторони продуктивності лісів, відповідні нормативи для її оцінки.

Об'єкт досліджень. Дослідження впливу площі живлення на біометричні показники крони сосни звичайної проводили на основі 15 пробних площ, закладених аспірантом А. Ф. Дудко в 40–135-річних соснових насадженнях Чернігівської та Сумської областей [2]. Таксаційну характеристику тимчасових пробних площ наведено в табл. 1.

Як видно з даних табл. 1, пробні площі закладено головним чином у пристиглих, стиглих і перестиглих насадженнях I^b–II класів бонітету з повнотою 0,7-0,9.

1. Таксаційна характеристика пробних площ

№ з/п	Лісгосп	Склад	Вік	Д, см	Н, м	Бонітет	Повнота	N, шт. га ⁻¹	G, м ² . га ⁻¹	M, м ³ . га ⁻¹
1		10Сз	85	36,7	27	I	0,7	284	30,5	358
2		10Сз	90	31,3	23	II	0,7	826	32,3	422
3		7Сз2Бп1Дз	105	39,9	28	I	0,7	270	32,0	465
4		10Сз	85	39,5	32	I ^a	0,8	308	39,0	524
5	Семенівський	6Сз4Бп	65	32,6	29	I ^b	0,8	402	38,0	404
6		10Сз	100	36,3	30	I	0,9	375	40,0	506
7		10Сз	110	42,3	32	I	0,7	237	35,0	462
8		10Сз	75	31,3	29	I ^a	0,8	545	43,0	537
9		10Сз	40	21,4	16	I	0,8	558	39,0	269
10	Холминський	10Сз	70	30,3	26	I	0,9	560	43,0	463
11		9Сз1Бп	90	31,4	29	I	0,7	420	34,3	437
12	Новгород-Сіверський	10Сз	135	46,8	34	I ^a	0,6	175	33,6	502
13		10Сз	135	43,6	37	I ^a	0,8	309	46,1	770
14	Середнинно-Будський	10Сз	110	41,8	26	II	0,8	265	33,0	360
15		10Сз	105	44,2	34	I ^a	0,8	243	41,0	598

Методика досліджень. Пробні площі закладено з використанням апаратно-програмного комплексу Field-Mar, що дало змогу отримати дані за такими показниками: площа проекції крони, висота прикріплення крони, висота першого мертвого сучка, протяжність крони. Додатково за допомогою програми розрахунку площі живлення дерева [2] було розраховано: площу живлення окремого дерева, середню віддаль від сусідніх дерев, кількість сусідніх дерев. Біометричні характеристики досліджуваних показників наведено в табл. 2. Експериментальні дані представлені в широкому діапазоні. Про це свідчать результати обробки біометричних показників, які характеризують варіацію представлених даних, а саме середньоквадратичне відхилення та дисперсія. Найвищі значення дисперсії і середньоквадратичного відхилення спостерігаються для площі живлення (654,193 та 25,577) і площі проекції крони (125,446 та 12,200). Величини асиметрії та ексцесу вказують, наскільки розподіл дослідних даних відрізняється від нормального розподілу. Досліджувані дані свідчать про правосторонню асиметрію, причому значна правостороння асиметрія спостерігається у таких показників: площа проекції крони (10,768), площа живлення (2,194) та середня віддаль від сусідніх дерев (1,093). Натомість показник висоти прикріплення крони має незначну лівосторонню асиметрію, і його розподіл близький до нормального. Величина ексцесу вказує на гостроту піку розподілу. Його

значення для досліджуваних показників є додатним, тобто розподіл має гостру вершину. Значення ексцесу для показника висоти першого мертвого сучка є від'ємним, що вказує на пологу криву розподілу.

2. Біометричні характеристики досліджуваних показників

Показник	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення	Середньоквадратичне відхилення	Дисперсія	Асиметрія	Ексцес
Площа проекції крони, м ²	0,78	85,08	17,106	11,200	125,446	10,768	5,035
Висота прикріплення крони, м	3,25	38,77	19,266	4,688	21,977	-0,132	1,530
Висота першого мертвого сучка, м	1,61	23,84	11,081	4,751	22,568	0,280	-0,693
Протяжність крони, м	3,13	17,68	9,329	2,787	7,767	0,466	0,354
Площа живлення, м ²	0,35	248,87	33,943	25,577	654,193	2,194	7,878
Середня віддаль від сусідніх дерев, м	1,34	27,93	7,307	2,171	4,712	1,093	3,860
Кількість сусідніх дерев, шт.	2	11	4,870	1,209	1,462	0,575	0,550

Результати досліджень. Дослідження проводили у два етапи:

1. встановлення залежностей та зв'язків між просторовими та біометричними показниками одного дерева;
2. встановлення залежностей та зв'язків між усередненими просторовими параметрами та таксаційними характеристиками деревостану.

Основним методом, який дає змогу встановити наявність і тісноту зв'язку між досліджуваними показниками, є кореляційний аналіз.

Отже, для дослідження наявних зв'язків між досліджуваними даними кожної пробної площі побудовано кореляційну матрицю. Враховуючи недоцільність приведення масиву всіх матриць, було складено зведену таблицю частоти зустрічальності значущих значень кореляційних відношень (табл. 3).

3. Частота зустрічаємості значущих значень кореляційних відношень

Показник	Площа проекції крони, м ²	Висота прикріплення крони, м	Висота першого мертвого сучка, м	Протяжність крони, м	Площа живлення, м ²	Середня віддаль від сусідніх дерев, м	Кількість сусідніх дерев, шт.	Висота дерева, м	Діаметр дерева, см
Площа проекції крони, м ²		3		5	15	15	9	3	15
Висота прикріплення крони, м	3		5	2				10	4
Висота першого мертвого сучка, м		5		4		1	1	3	1
Протяжність крони, м	5	2	4		4	3		9	4
Площа живлення, м ²	15			4		15	15	4	15
Середня віддаль від сусідніх дерев, м	15		1	3	15		15	2	13
Кількість сусідніх дерев, шт.	9		1		15	15		2	3

Отже, як видно з даних табл. 3, основними показниками, які мають істотний зв'язок з іншими параметрами, є діаметр і висота дерева та площа проекції крони.

Враховуючи, що найбільш доступними показниками при закладанні пробних площ є діаметр та висота дерева, подальше моделювання доцільно починати з використанням цих показників. Значення діаметра дерева має тісний кореляційний зв'язок із площею проекції крони, площею живлення та середньою віддаллю від сусідніх дерев, тобто з показниками, які характеризують просторове розміщення дерева (див. табл. 3). Натомість значення висоти дерева впливає на висоту прикріплення крони та протяжність крони й обумовлює вертикальну структуру дерева. Висота першого мертвого сучка дуже слабо корелює з іншими показниками. Кількість сусідніх дерев має тісний зв'язок із такими показниками, як площа живлення, середня віддаль від сусідніх дерев та площа проекції крони.

На основі аналізу табл. 3 вирішено провести моделювання шуканих показників за такою схемою:

1. площа живлення одного дерева – з урахуванням впливу діаметра дерева;
2. площа проекції крони – з урахуванням площі живлення та діаметра;
3. висота прикріплення крони – від висоти дерева;

4. протяжність крони – від висоти дерева;
5. кількість сусідніх дерев – від площі живлення;
6. середня віддаль від сусідніх дерев – від площі живлення та кількості сусідніх дерев.

Для аналізу динаміки зміни усереднених показників для різних насаджень побудовано кореляційну матрицю тісноти їхнього зв'язку до середніх значень таксаційних показників деревостану (табл. 4).

4. Кореляційні співвідношення таксаційних показників

Таксаційні показники	Площа проекції крони, м ²	Висота прикріплення крони, м	Висота першого мертвого сучка, м	Протяжність крони, м	Площа живлення, м ²	Середня віддаль від сусідніх дерев, м	Кількість сусідніх дерев, шт.
Вік, років	0,077	0,623*	0,510	0,535*	0,737**	0,786**	-0,055
Кількість дерев, шт.·га ⁻¹	-0,130	-0,488	-0,300	-0,713**	-0,702**	-0,726**	0,476
Діаметр ср., см	0,073	0,643**	0,444	0,658**	0,839**	0,892**	-0,378
Висота ср., м	-0,460	0,918**	0,527*	0,492	0,420	0,516*	-0,467
Відносна повнота	-0,245	0,025	-0,413	-0,427	-0,570*	-0,534*	-0,141
Абсолютна повнота, м ² ·га ⁻¹	-0,466	0,433	-0,175	-0,050	-0,480	-0,435	-0,233
Запас, м ³ ·га ⁻¹	-0,485	0,903**	0,493	0,358	0,138	0,227	-0,232

Примітка: * Кореляція значуща на рівні 0,05.

** Кореляція значуща на рівні 0,01.

Аналізуючи дані табл. 4, необхідно зазначити про такі особливості. Усереднена площа живлення одного дерева має тісний прямий зв'язок із віком насадження, середнім діаметром, кількістю дерев на 1 га та відносною повнотою, разом з тим зі збільшенням кількості дерев та відносною повноти деревостану на ділянці її значення зменшується, що відповідає загальним законам росту і розвитку насадження. Усереднена висота прикріплення крони має високу ступінь кореляційного зв'язку з середньою висотою та запасом і меншу з середнім діаметром і віком деревостану. Усереднене значення протяжності крони збільшується з віком і середнім діаметром. Також необхідно зауважити, що вплив середнього діаметра на середню протяжність крони зменшується зі збільшенням кількості дерев. Середня віддаль від сусідніх дерев має тісний прямий зв'язок із середніми значеннями діаметра, висоти і віку та обернений із кількістю дерев та відносною повнотою.

Висновки

Аналіз складових параметрів крони дасть змогу підвищити точність моделювання лісових екосистем та перейти від моделювання насадження в цілому до моделювання окремого дерева як частини системи. Використання новітніх технологій допомогло знайти нові закономірності будови деревостанів та дослідити їх вплив. Необхідно зазначити, що значний вплив на біометричні показники крони мають діаметр та висота дерева. Зокрема значення діаметра в більшості випадків обумовлює просторове розташування дерев, що робить його одним з основних фактороутворюючих показників при моделюванні як окремого дерева, так і сукупності дерев у насадженні.

Список літератури

1. Самоплавський В. І. Лісове господарство України на зламі тисячоліть / В. І. Самоплавський // Науковий вісник НАУ. – 2000. – Вип. 25. – С. 11–19.
2. Дудко А. Ф. Применение ГИС для изучения пространственной структуры древостоя [Электронный ресурс] / А. Ф. Дудко, С. В. Зибцев, В. А. Слободян // Геопрофи. – 2011. – № 4. – Режим доступа: http://www.geoprofi.ru/technology/Article_5513_10.aspx
3. Терентьев А. Ю. Використання сучасних гіс-технологій для розрахунку площі живлення дерев у лісових насадженнях / А. Ю. Терентьев // Науковий вісник НЛТУ України : збірник науково-технічних праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.05. – 416 с.

Применение современных методов исследований с использованием возможностей дистанционного зондирования позволяет получить не только биометрические показатели, но и данные пространственного размещения дерева, а также возможность моделировать отдельное дерево как составную часть насаждения, с учетом их взаимосвязей в древостое. К таким показателям можно отнести площадь питания одного дерева. Исследования проводились на основе данных 15 пробных площадей, заложенных в 40–135- летних сосновых насаждениях Черкасской и Сумской областей. Пробные площади заложены с использованием аппаратно-программного комплекса Field-Mar, что позволило получить данные по следующим показателям: площадь проекции кроны, высота прикрепления кроны, высота первого мертвого сучка, протяженность кроны. Дополнительно были рассчитаны: площадь питания отдельного дерева, среднее расстояние от соседних деревьев, количество соседних деревьев. В результате исследований выявлены зависимости и связи между пространственными и биометрическими показателями отдельного дерева на участке, усредненными пространственными параметрами и таксационными характеристиками древостоя.

Ключевые слова: диаметр, высота, площадь питания, пространственное размещение, среднее расстояние от соседних деревьев, площадь кроны.

Application of modern research techniques using possibility for remote sensing enables assessing not only biometric indices but also spatial position of the tree. This makes it possible to simulate individual tree, as part of a forest stand, including interrelation between trees in a stand. These variables include area of plant alimentation. The study was done on fifteen sample plots laid out in 40-135 year-old Scots pine stands of Chernihiv and Sumy regions. Experimental plots were laid with the means of Field-Map system, which made it possible to get data on the following parameters: crown projection area, lower crown height, height of the first dead branch, crown length. Additionally we calculated alimentation area of trees, average distance between neighboring trees and the number of neighboring trees. As a result, we revealed a relation between spatial and biometric indices of individual trees, and averaged spatial variables as well as mensurational parameters of forest stands.

Key words: diameter on breast height, height, alimentation area of a tree, spatial position. application, average distance between neighbouring trees, crown projection area.