

УДК 630*53-047.58:582.632.2(477.41/.42)

МОДЕЛЮВАННЯ ХОДУ РОСТУ МОДАЛЬНИХ ДУБОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

П. І. ЛАКИДА, доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри таксації лісу та лісового менеджменту

О. П. БАЛА, кандидат сільськогосподарських наук,
докторант кафедри таксації лісу та лісового менеджменту *

І. П. ЛАКИДА, кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри таксації лісу та лісового менеджменту

Л. М. МАТУШЕВИЧ, кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри таксації лісу та лісового менеджменту

**Національний університет біоресурсів і природокористування
України**

E-mails: lakyda@nubip.edu.ua, bala@nubip.edu.ua,
ivan.lakyda@nubip.edu.ua, Matushevych@nubip.edu.ua

Анотація. На основі повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроект» станом на 01.01.2011 р. проведено моделювання основних таксаційних показників, а саме середньої висоти, середнього діаметра та запасу на 1 га. Як математичні моделі використано алометричну (степеневу) функцію (для моделювання середнього діаметра) та ростову функцію Мітчерліха (для моделювання середніх висоти та запасу). Використовуючи дані тимчасових пробних площ, на яких рубали та обмірювали модельні дерева, змодельовано середнє видове число дубових деревостанів українського Полісся. На основі отриманих математичних моделей, із використанням загальноприйнятих лісотаксаційних формул, побудовано таблиці ходу росту для модальних дубових деревостанів насіннєвого природного походження Полісся України. Отримані таблиці ходу росту характеризують деревостан загалом і частину, що вибирається з насадження у результаті природного відпаду або проведених лісгосподарських заходів. Для частини, що вибирається, використано редуційні та видові числа, що були розраховані раніше для дубових деревостанів лісостепової зони України, оскільки інтенсивність проведення господарських заходів у цих природних зонах не відрізняється.

Ключові слова: дуб звичайний, Полісся України, середні таксаційні показники, динамічна бонітетна шкала, таблиці ходу росту, модальні деревостани, функція Мітчерліха.

Актуальність. Сучасне лісове господарство України ґрунтується на використанні значної кількості нормативно-довідкової інформації щодо

* Науковий консультант – доктор сільськогосподарських наук, професор П. І. Лакида.

© П. І. Лакида, О. П. Бала, І. П. Лакида, Л. М. Матушевич, 2018

оцінки стану лісів, їхньої продуктивності та особливостей росту. Зокрема, для цього розроблено низку нормативів у вигляді таблиць ходу росту, сортиментних, товарних, стандартних та інших таблиць [15; 19; 20]. Таблиці ходу росту є основою нормативно-довідкових даних при веденні лісового господарства, обліку лісів та їхніх ресурсів. Необхідність розробки таблиць ходу росту обґрунтовується їх застосуванням при проектуванні та оцінюванні лісогосподарських робіт, а також при здійсненні заходів із підвищення продуктивності лісів. Важливе місце серед цих нормативів посідають таблиці ходу росту модальних деревостанів, які не описують умовні деревостани (повні чи найбільш продуктивні), а характеризують сучасний стан тих, що фактично існують, найпоширеніших насаджень.

Моделювання росту лісу значною мірою залежить від наявності достатньої кількості точної та повної інформації. Збір такої інформації, як зазначено вище, є дуже трудомістким і дорогим процесом. Однак для цього не обов'язково мати великий банк даних постійних пробних площ. Порівняно мала кількість проб, особливо корисних для створення системи прийняття рішень, у поєднанні із тимчасовими вибірковими пробними площами та аналізом ходу росту деревних стовбурів, можуть забезпечити достатню кількість даних для розробки прийнятних функцій росту насаджень [17]. Істотна частина таблиць ходу росту відображає ріст деревостанів одного, середнього класу бонітету. Такі таблиці мають обмежене практичне застосування. Вихідний матеріал, переважно, згрупований за класами бонітету загальної бонітетної шкали, тобто за статичними рядами розподілу деревостанів за класами віку та висоти, при цьому не враховують природні ряди розвитку.

Мета дослідження: на основі розробленої динамічної бонітетної шкали [13] та використовуючи дані повидільної таксації досліджуваних лісів, здійснити моделювання ходу росту за середньою висотою, середнім діаметром та запасом на 1 га дубових деревостанів природного насіннєвого походження, що зростають у Поліссі України, та скласти відповідні таблиці ходу росту для модальних дубових деревостанів цього регіону.

Матеріали і методи дослідження. Для проведення досліджень використано дані тимчасових пробних площ, закладених у дубових деревостанах Полісся України, а також повидільну базу даних, надану ВО «Укрдержліспроект» станом на 01.01.2011 р., яка характеризує деревостани дуба звичайного досліджуваного регіону.

Серед значної кількості методик складання таблиць ходу росту слід виокремити наявність спільних двох етапів [2; 21]. Перший – встановлення типу росту насадження, який характеризує особливість його динаміки за певним таксаційним показником і залежить від ґрунтово-кліматичних умов, які, головним чином, визначаються географічним положенням [5; 6]. Другий етап – визначення взаємозв'язків (як правило, регресійних) між таксаційними ознаками встановлених природних рядів. Цей аналіз може виконуватись на основі даних тимчасових пробних площ, а також на основі даних таксаційної характеристики модальних насаджень. Обидва

зазначені етапи складання таблиць ходу росту використовували у процесі виконання цієї роботи.

Результати дослідження та їх обговорення. З метою побудови таблиць ходу росту для модальних дубових деревостанів Полісся України, повидільну базу даних ВО «Укрдержліспроект» для дубових деревостанів досліджуваного регіону було розділено за класами бонітету динамічної бонітетної шкали [13].

Після виконання описаної агрегації даних проведено моделювання середньої висоти дубових деревостанів у межах класів бонітету за допомогою ростової функції Мітчерліха (A. Mitscherlich):

$$H = a_0 \cdot \left(1 - e^{-a_1 \cdot A}\right)^{a_2}, \quad (1)$$

де H – середня висота деревостану, м;

A – середній вік деревостану, років;

a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти регресії.

Рівняння (1) відповідає усім вимогам, що висувають до функцій росту, а саме: проходить через початок координат, монотонно зростає на всій області визначення, має при цьому S-подібну форму тренду. Крім того, гнучкість і зручність формули зробили масовим її застосування при моделюванні динаміки таксаційних показників [9; 11; 12; 14; 22; 23; 24]. Отримані в результаті моделювання значення параметрів рівняння (1) та відповідні коефіцієнти детермінації (R^2) наведено в табл. 1.

1. Значення параметрів рівняння (1) та коефіцієнти детермінації у розрізі класів бонітету деревостанів

Клас бонітету	Коефіцієнти рівняння			R^2
	a_0	a_1	a_2	
I ^b	45,297	0,0177	1,292	0,99
I ^a	39,334	0,0194	1,376	0,99
I	32,430	0,0239	1,591	0,98
II	29,431	0,0232	1,609	0,98
III	26,551	0,0209	1,512	0,98
IV	21,798	0,0221	1,571	0,98
V	18,046	0,0191	1,426	0,98

Як видно з даних табл. 1, характеристики точності та адекватності вказують на прийнятність отриманої математичної моделі для апроксимації залежності середньої висоти від віку насадження.

Наступним таксаційним показником, що підлягав моделюванню, є середній діаметр деревостану. Цей показник перебуває у тісній залежності з віком і висотою насаджень, але, крім того, істотний вплив на діаметр має відносна повнота, що є особливо актуальним для модальних таблиць ходу росту. Отже, моделювання середнього діаметра здійснювалося залежно від віку, середньої висоти та повноти насаджень. У результаті багатоваріантного пошуку адекватних моделей росту для побудови нормативів динаміки середнього діаметра дубових деревостанів використано алометричну (степеневу) функцію, яка характеризується

істотною гнучкістю. Оскільки як фактори використовували вік і середню висоту деревостану, то ця модель придатна для будь-якого класу бонітету, вона має такий загальний вигляд:

$$D = a_0 \cdot A^{a_1} \cdot H^{a_2} \cdot P^{a_3}, \quad (2)$$

де D – середній діаметр деревостану, см;

P – відносна повнота деревостану.

Під час проведення досліджень та оцінювання параметрів отриманих моделей керувалися загальними передумовами регресійного аналізу [8], а саме:

- регресійна модель має пояснювати більше ніж 90 % варіації залежної змінної (коефіцієнт детермінації $R^2 > 0,9$);
- достовірність моделі оцінюють за F -критерієм Фішера;
- коефіцієнти при незалежних змінних мають бути значущими на 5-відсотковому рівні за t -критерієм Стьюдента;
- відносна похибка має становити менше ніж 10 % середнього значення прогнозованого показника;
- залишки регресії повинні мати нормальний розподіл без автокореляції та систематичних відхилень.

Використавши функцію нелінійної регресії, знайшли коефіцієнти рівняння (2), після чого модель росту за середнім діаметром дубових деревостанів Полісся України набула такого вигляду:

$$D = 0,578 \cdot A^{0,256} \cdot H^{0,794} \cdot P^{-0,790} \quad (3)$$

Коефіцієнт детермінації (R^2) отриманого рівняння (3) становить 0,92, це означає, що рівняння описує понад 90 % варіації емпіричних даних. Адекватність отриманого рівняння за принципом дисперсійного аналізу оцінювали за F -критерієм Фішера, а значущість коефіцієнтів рівняння визначали за допомогою t -критерію Стьюдента, які показали, що ця модель адекватно описує вхідні емпіричні дані. Як бачимо, у рівнянні (3) коефіцієнт при останньому факторі (повноті) має від'ємне значення, що відповідає природі росту насаджень: що більша повнота, то менший діаметр.

Часто при складанні таблиць ходу росту виникає проблема у підстановці значення повноти для різних класів бонітету насаджень, а також спостерігається певна тенденція зміни відносної повноти насаджень [3]. Для моделювання залежності між віком і повнотою деревостанів ми використали лінійну функцію. Крім того, як аргумент введено показник класу бонітету насаджень. Після проведеного пошуку коефіцієнтів регресії знайдено рівняння залежності відносної повноти дубових деревостанів для поліської зони:

$$P = 0,754 - 0,00179 \cdot A + 0,00191 \cdot H_{100}, \quad (4)$$

де H_{100} – показник класу бонітету насаджень (висота у віці 100 років за бонітетною шкалою).

Точність цього рівняння (4) за деякими показниками низька: коефіцієнт детермінації близький до 0,5; F -критерій Фішера дорівнює 1,72 і за своєю величиною рівний критичному значенню. Позитивним є те, що значущими є всі коефіцієнти рівняння, а отримана математична модель

має дуже низький коефіцієнт автокореляції залишків. Низьку точність можна пояснити малою кількістю спостережень, оскільки при моделюванні використовувались середні значення відносної повноти насаджень для окремих класів віку.

Підставивши розраховані повноти насаджень за рівнянням (4) у рівняння (3) при побудові таблиць ходу росту, обчислюємо середній діаметр деревостану з урахуванням класу бонітету, віку та відносної повноти насаджень.

У дослідженнях, присвячених моделюванню ходу росту за сумою площ поперечних перерізів, виникла проблема щодо встановлення вікових трендів цього таксаційного показника. Зокрема, за даними інших дослідників [10; 18], при роботі над таблицями ходу росту модальних деревостанів було помічено, що для деяких класів бонітету в старшому віці спостерігається зменшення сум площ поперечних перерізів. Тому було вирішено змодельювати запас деревостану на основі повидільної бази даних та видове число за даними модельних дерев на тимчасових пробних площах, а показник суми площ поперечних перерізів розрахувати за класичною формулою лісової таксації.

Для моделювання запасу дубових деревостанів використано функцію Мітчерліха, де як незалежна змінна виступає вік деревостану, оскільки ростові функції найкраще описують подібні залежності. Модель набула такого загального вигляду:

$$M = a_0 \cdot (1 - e^{-a_1 \cdot A})^{a_2}, \quad (5)$$

де M – запас деревостану, м³.

Моделювання запасу дубових деревостанів відбувалося у розрізі динамічних класів бонітету. Параметри отриманих рівнянь та їхні коефіцієнти детермінації наведено у табл. 2.

2. Параметри та коефіцієнти детермінації рівняння (5) за класами бонітету насаджень

Клас бонітету	Коефіцієнти рівняння			R^2
	a_0	a_1	a_2	
I ^b	469,074	0,0347	2,648	0,82
I ^a	406,850	0,0371	2,919	0,81
I	342,213	0,0398	3,262	0,72
II	275,040	0,0451	3,872	0,67
III	213,092	0,0445	3,361	0,72
IV	148,819	0,0507	3,554	0,74
V	85,115	0,0725	4,882	0,75

Як і в попередніх випадках, усі характеристики точності та адекватності математичної моделі (5) вказують на прийнятність отриманого рівняння для математичної апроксимації залежності запасу від віку насадження.

Динаміку фактичних середніх значень і змодельований хід росту за запасом модальних дубових деревостанів за основними класами

бонітету насаджень для поліської зони України можна побачити на рисунку.

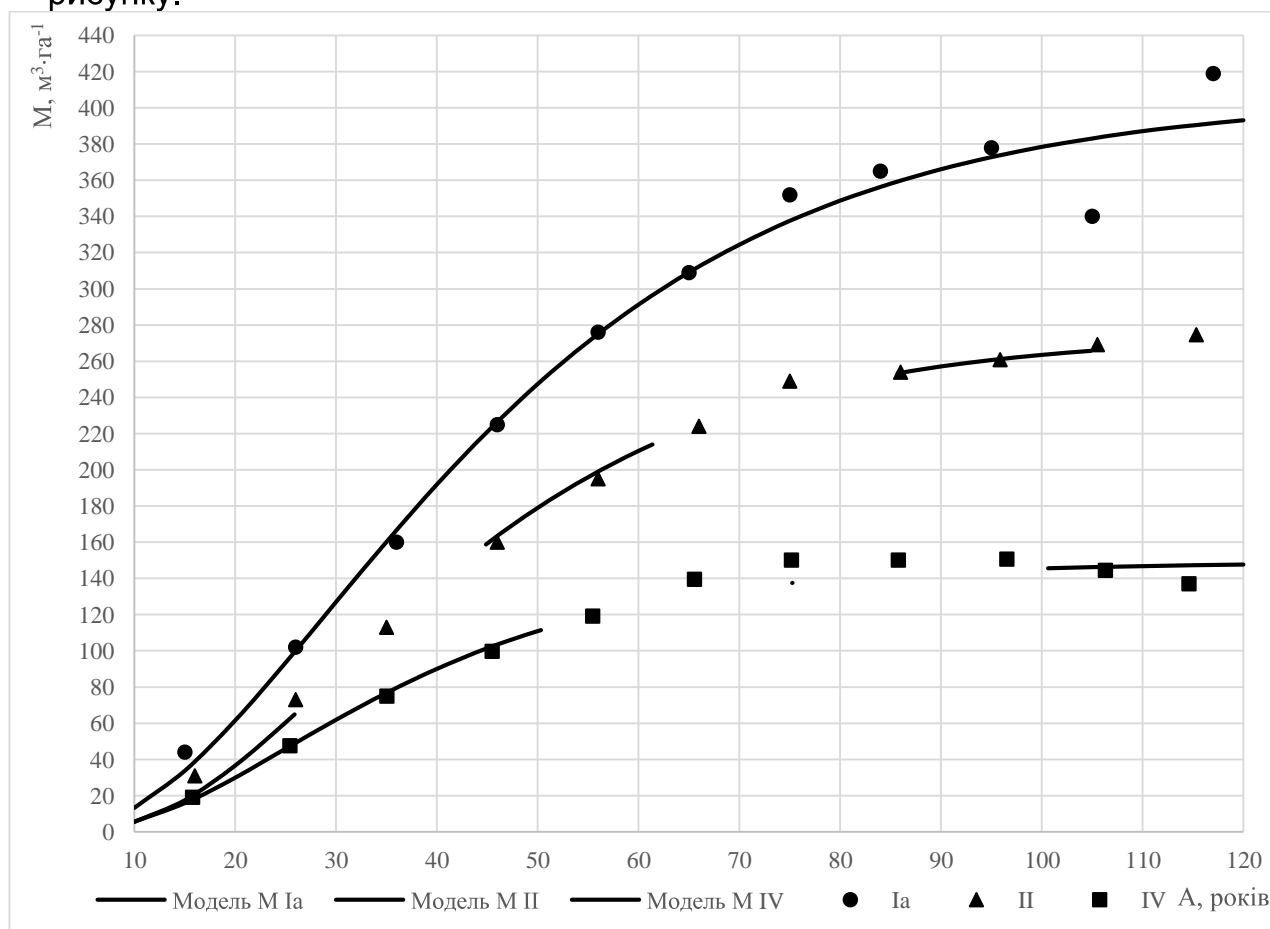


Рис. Порівняння динаміки середніх фактичних і вирівняних запасів дубових деревостанів за основними класами бонітету для Полісся України

За графічно відображеними на рис. 1 даними можна впевнитись, що описана вище модель достатньо точно описує дослідні дані, на основі яких проводили моделювання. Як бачимо, відхилення між змодельованим і фактичним запасами дубових деревостанів у межах класів бонітету не є суттєвими.

Середнього видового числа у базі даних повидільної таксаційної характеристики лісів немає, тому його моделювання для дубових деревостанів проводили, використовуючи дані бази тимчасових пробних площ. Для цього, залежно від деревної породи, використовують декілька загальноприйнятих математичних виразів. Зокрема, застосовують алометричну функцію гіперболи різних порядків, інколи до рівнянь включають експоненційну функцію [20]. Як аргументи використовують середні висоту та діаметр насаджень або їх поєднання. У результаті багатоваріантного пошуку залежності видового числа (F) дубових деревостанів Полісся України від їхнього віку, середніх висоти та діаметра, оптимальною виявилася така математична модель:

$$F = 0,477 - \frac{0,225}{H} + \frac{6,338}{H \cdot D} \quad (6)$$

Незаперечним рівнянням у лісовій таксації є так звана класична формула [2]. Оскільки вище вже проведено моделювання запасу, видового числа та середньої висоти дубових деревостанів, користуючись цією формулою, легко визначити суму площ перерізів досліджуваного деревостану, використовуючи вираз $G = M / (H \cdot F)$.

Кількість стовбурів (M) у таблицях ходу росту розраховують шляхом ділення суми площ поперечних перерізів на 1 га на площу поперечного перерізу середнього дерева, яку визначають через середній діаметр насадження. Відповідно, кількість стовбурів на 1 га дубових деревостанів розраховано за формулою:

$$N = \frac{40000 \cdot G}{\pi \cdot D^2} \quad (7)$$

Аналіз отриманих за формулою (7) даних показав, що для вищих класів бонітету кількість стовбурів на 1 га є меншою, ніж для нижчих, що є логічним та відповідає природі росту лісових насаджень.

Однією із важливих таксаційних ознак, яка характеризує продуктивність лісостанів, є приріст. Розрізняють приріст деревостану за висотою, діаметром, об'ємом (запасом) та ін. Найбільшого поширення на практиці має приріст деревостану за запасом, який своєю чергою має декілька видів. Приріст, який визначають шляхом ділення наявного запасу деревостану на його вік, називають неповним середнім приростом або середньою зміною запасу (Δ_M^{cp}) [1] та обчислюють за формулою $\Delta_M^{cp} = M_{12a} / A$, де M_{12a} – середній запас насаджень на 1 га.

Деякі вчені (М. Л. Дворецький [7], А. С. Матвеев-Мотин [16]) цей вид приросту назвали середнім накопиченням запасу. В таблицях ходу росту він визначається як середній приріст головної породи, або породи, що переважає. Повний середній приріст деревостану, крім наявного запасу, враховує також величину приросту відпаду.

Для визначення поточного приросту деревостану за запасом (Δ_M^{nom}), необхідно знати запаси для насаджень різного віку (M_A – запас наявного деревостану у віці A ; M_{A-n} – запас цього деревостану n років тому), як правило, період їх визначення становить 5 або 10 років. Тоді поточний приріст деревостану визначають як середній за певний період часу, використовуючи таку формулу: $\Delta_M^{nom} = (M_A - M_{A-n}) / n$. У нашому випадку величина періоду (n) становить 5 років.

Для частини деревостану, яку вибирають під час проведення рубок, пов'язаних із веденням лісового господарства, перш за все потрібно знайти основні таксаційні параметри, від величини яких залежать інші показники, а саме: середні висоту та діаметр. Для цього використано базу даних тимчасових пробних площ (ТПП), зібраних кафедрою таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету біоресурсів та природокористування України. При закладанні деяких ТПП, під час

проведення суцільного переліку деревостану, окремо виділяли частину, яку належить вибрати з насадження при проведенні рубок, пов'язаних із веденням лісового господарства. Тому результати обробки даних цих ТПП містять значення середніх висоти та діаметра частини деревостану, який вибирають. Знаючи ці показники для деревостану в цілому, легко знайти редуційне число (R_x) частини деревостану, який вибирають, за такою формулою:

$$R_x = \frac{\bar{X}^{виб}}{\bar{X}^{заг}}, \quad (8)$$

де $\bar{X}^{виб}$ – середнє значення таксаційної ознаки частини деревостану, яку вибирають;

$\bar{X}^{заг}$ – середнє значення таксаційної ознаки деревостану в цілому.

Моделювання редуційних чисел дубових деревостанів Полісся України проводили за допомогою методу лінійної регресії, як функцію від їхнього віку [4; 14]. Для редуційних чисел висоти (R_H) та діаметра (R_D) застосовували рівняння одного виду, в результаті отримано такі математичні моделі:

$$R_H = -1,776 + 2,485 \cdot A^{0,0156}, \quad (9)$$

$$R_D = 0,678 + 2,78 \cdot 10^{-3} \cdot A^{0,856}. \quad (10)$$

Середній діаметр (D^B) і середню висоту (H^B) частини деревостану, який вибирають, знаходили за формулами:

$$D^B = D \cdot R_D, \quad (11)$$

$$H^B = H \cdot R_H. \quad (12)$$

Наступним кроком було визначення кількості дерев на 1 га для частини деревостану, який вибирають (N^B). Її знаходять як різницю між кількістю стовбурів деревостану 5 років тому й тією кількістю, що зростає зараз. Тобто кількість дерев у насадженні змінюється на величину, яка була вибрана (відпала) за 5 років. Видозмінивши формулу (7), знаходимо суму площ поперечних перерізів частини деревостану, яку вибирають (G^B), використавши вже знайдені середній діаметр (D^B) і кількість дерев на 1 га

$$(N^B): G^B = \frac{\pi \cdot (D^B)^2}{40000} \cdot N^B.$$

Запас частини деревостану, який вибирають, розраховано за класичною формулою лісової таксації, однак зі всіх її складових не вистачає величини видового числа. Значення цього показника для деревостану на корені були не змодельовані, а розраховані відповідно до значень запасу, середньої висоти та суми площ поперечних перерізів. Тому, використавши дані ТПП, які містять значення видового числа для кожної пробної площі, застосували рівняння залежності видового числа (F^B) від середніх висоти (H^B) та діаметра (D^B) для частини деревостану, яку вибирають. Для розрахунків використовували значення старого видового числа [14], оскільки саме воно має широке практичне застосування:

$$F^B = 0,464 + \frac{0,515}{H^B} + \frac{2,213}{H^B \cdot D^B}. \quad (13)$$

Суму запасів частини деревостану, яку вибирають (враховуючи інтенсивність господарювання у дібровах України, цей показник можна назвати сумою запасів проміжного користування), визначають шляхом накопичення запасів частини деревостану, який вибирають. Вона показує той загальний стовбуровий запас, який було вилучено із насадження до певного віку:

$$\sum M_A^B = M_A^B + \sum M_{A-5}^B, \quad (14)$$

де $\sum M_A^B$ – сума запасів проміжного користування у віці A , м³;
 M_A^B – запас, який вибирають із насадження у віці A , м³;
 $\sum M_{A-5}^B$ – сума запасів проміжного користування 5 років тому, м³.

Загальна продуктивність деревостанів є одним із найважливіших показників при побудові таблиць ходу росту для визначення середнього та поточного приросту. Вона враховує не лише наявний запас, а й той, який відпав або був вибраний у результаті господарського втручання людини. Загальну продуктивність визначають як суму запасу насадження на корені та накопиченого запасу відпаду.

Повний середній приріст дубових деревостанів за запасом (Z_M^{cep}) визначали за відомою у лісовій таксації формулою $Z_M^{cep} = M_A^{zag} / A$.

Поточний приріст деревостанів за запасом залежить від низки біологічних, екологічних, господарських та інших факторів [1]. Деякі з них достатньо вивчені, встановлені основні закономірності їхнього впливу на приріст насаджень. Інші ж вивчити дуже складно або їм приділено недостатню кількість досліджень.

Маючи всі наведені вище таксаційні ознаки дубових деревостанів Полісся України, знаходимо їхній поточний приріст за такою формулою:

$$Z_M^{nom} = \frac{M_A^{zag} - M_{A-5}^{zag}}{5}. \quad (15)$$

де M_A^{zag} – загальна продуктивність за запасом у віці A , м³;

M_{A-5}^{zag} – загальна продуктивність за запасом 5 років тому, м³.

Таблиці ходу росту модальних деревостанів, як уже було зазначено, складають для певної модальної повноти, і хоча ця повнота з віком змінюється, проаналізувавши отриману модель середнього діаметра насадження для різних класів бонітету, зробили такий висновок: враховуючи точність визначення відносної повноти на практиці та при лісовпорядкуванні, можна вважати, що модальною для всіх класів бонітету є повнота 0,7, і всі таблиці ходу росту можемо розглядати як розроблені саме для цієї повноти.

Фрагмент отриманих таблиць ходу росту модальних дубових деревостанів для I класу бонітету наведено в табл. 3

3. Хід росту модальних деревостанів дуба звичайного насінневого походження Полісся України для I класу бонітету, $H_{100} = 27,9$ м

Вік, років	Деревостан								Частина, яку вирубують				Загальна продуктивність, м ³	Загальний приріст, м ³	
	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість дерев, шт.	сума площ поперечних	видове число	запас, м ³	зміна запасу, м ³		середня висота, м	середній діаметр, см	кількість дерев, шт.	запас, м ³		середній	поточний
							середня	поточна							
10	2,8	2,4	5819	2,7	1,331	10	1,0	–	2,2	1,7	–	–	12	1,2	–
15	4,8	4,8	4171	7,4	0,706	25	1,7	3,0	3,9	3,4	1648	4	31	2,1	3,9
20	7,0	7,1	3037	12,1	0,572	48	2,4	4,6	5,8	5,1	1134	8	63	3,1	6,3
25	9,1	9,4	2269	15,8	0,526	76	3,0	5,5	7,7	6,8	768	12	103	4,1	8,0
30	11,2	11,7	1726	18,6	0,505	105	3,5	5,9	9,5	8,5	544	16	148	4,9	9,1
35	13,2	14,0	1345	20,7	0,494	135	3,9	5,9	11,2	10,3	381	19	197	5,6	9,7
40	15,0	16,2	1074	22,2	0,488	163	4,1	5,6	12,9	12,1	271	21	245	6,1	9,7
45	16,8	18,4	876	23,3	0,484	189	4,2	5,2	14,4	13,8	198	22	293	6,5	9,5
50	18,3	20,5	728	24,0	0,482	212	4,2	4,6	15,9	15,5	148	22	339	6,8	9,1
55	19,8	22,5	615	24,5	0,480	232	4,2	4,1	17,2	17,2	113	23	382	6,9	8,6
60	21,1	24,5	526	24,8	0,479	250	4,2	3,5	18,4	18,9	88	23	422	7,0	8,1
65	22,3	26,4	457	24,9	0,478	265	4,1	3,0	19,5	20,5	70	22	459	7,1	7,5
70	23,4	28,2	400	25,0	0,477	278	4,0	2,6	20,5	22,1	56	22	494	7,1	7,0

Висновки і перспективи.

1. У результаті моделювання, з використанням повидільної бази даних та розробленої динамічної бонітетної шкали, отримано математичні моделі росту за середніми висотою, діаметром та запасом на 1 га для дубових деревостанів насінневого походження Полісся України.
2. Використовуючи дані тимчасових пробних площ, отримано математичну модель для визначення видового числа дубових деревостанів досліджуваного регіону.
3. На основі розроблених моделей, із використанням моделей редукційних чисел, побудовано таблиці ходу росту для модальних дубових деревостанів Українського Полісся для деревостану на корені та частини, які вибирають, а також розраховано загальну продуктивність досліджуваних деревостанів.
4. У роботі детально описано етапи моделювання таксаційних ознак при побудові таблиць ходу росту модальних деревостанів, що має наукове та практичне значення для подібних досліджень.
5. Розроблені таблиці ходу росту модальних дубових деревостанів насінневого походження Українського Полісся можуть бути основою

нормативно-інформаційного забезпечення лісового господарства, яке є необхідним при проектуванні лісогосподарських заходів, спрямованих на підвищення продуктивності лісів, оскільки дає можливість відобразити поточний стан дубових лісів Полісся України.

Referenses

1. Antanaitis, V. V. (1969). Prirost lesa [Forest increment]. Moskva, 240.
2. Anuchin, N. P. (1982). Lesnaia taksatsiia [Forest mensuration]. Moskva, 550.
3. Bala, O. P. (2003). Analiz vidnosnoi povnoty modalnykh shtuchnykh nasadzen duba zvychainoho u lisostepovii zoni Ukrainy [Analysis of relative stocking of modal artificial oak stands in Forest-Steppe of Ukraine]. Scientific bulletin of UkrSFU, 13.3, 321–325.
4. Bala, O. P. (2004). Modeliuvannia dynamiky taksatsiinykh pokaznykiv shtuchnykh modalnykh dubovykh drevostaniv Lisostepu Ukrainy [Modeling of the dynamic of stand indicators of artificial modal oak stands of the Forest-Steppe of Ukraine]. Scientific Herald of the NAU, 71, 155–162.
5. Davidov, M. V. (1987). Tipy rosta i bonitirovanie nasazhdenii [The types of growth and estimation of site indexes of stands]. Kyiv, 40.
6. Davidov, M. V. (1977). Tipy rosta sosnovykh lesov Evropeiskoi chasti SSSR [The types of growth of pine forests of the European part USSR]. Forest magazine, 4, 36–41.
7. Dvoretiskii, M. L. (1964). Tekushchii prirost drevesiny stvola i drevostoia [Curent increment of wood of stem and stand]. Moskva, 242.
8. Draper, N. R., & Smith, H. (1976). Prikladnoi rehresionnyi analiz [Applied regression analysis]. Moskva, 392.
9. Kiviste, A. K. (1988). Funktsii rosta lesa: prilozheniia [The function of growth of forest. Appendix]. Tartu, 169.
10. Kolosok, O. M. (2002). Produktivnist i struktura fitomasy shtuchnykh lisostaniv yalyny zvychainoi v ukrainskykh Karpatakh [The productivity and structure of the live biomass of artificial spruce stands in the Ukrainian Carpathians]. Kyiv, 143.
11. Kofman, H. B. (1986). Rost i forma dereviev [Growth and tree stems form]. Novosibirsk, 211.
12. Kuzmichev, V. V. (1977). Zakonomernosti rosta drevostoev [Stands growth specifics]. Novosibirsk, 160.
13. Lakyda, P. I., Bala, O. P., Matushevich, L. M., Lakyda, I. P., & Ivaniuk, I. D. (2018). Lisivnycho-ekolohichniy potentsial dibrov Polissia Ukrainy [Forestry and ecological potential of oak forests of Polissia of Ukraine]. Korsun-Shevchekivskiy, 206.
14. Lakyda, P. I., & Bala, O. P. (2012). Aktualizatsiia parametriv rostu shtuchnykh dubovykh drevostaniv Lisostepu Ukrainy [Actualization of growth parameters of artificial oak stands of Forest-Steppe of Ukraine's]. Korsun-Shevchekivskiy, 196.
15. Lisotaksatsiinyi dovidnyk [Handbook of forest mensuration]. (2013). Kyiv, 496.
16. Matveev-Motin, A. S. (1962). Prirost, proizvoditelnost i produktivnost lesa [The increment and productivity of forest]. Moskva, 156.

17. Nikitin, K. E., & Shvidenko, A. Z. (1973). K voprosu o matematicheskom modelirovanii v lesnom khoziaistve [Mathematical modeling in forestry]. Kiev, 219–220.
18. Petrenko, M. M. (2002). Dynamika fitomasy ta deponovanoho vuhletsiu v shtuchnykh nasadzhenniakh sosny Polissia Ukrainy [Dynamics of live biomass and deposited carbon in artificial pine stands of Polissya of Ukraine]. Extended abstract of Candidate's thesis. Kyiv, 17.
19. Shvidenko, A. Z., ed. (1987). Normativno-spravochnyie materialyi dlya taksatsii lesov Ukrainyi i Moldavii [Normative and reference materials for the forest inventory of Ukraine and Moldova]. Kiev, 560.
20. Stochinskiy, A. A., Shvidenko, A. Z., & Lakida, P. I. (1992). Modeli rosta i produktivnost optimalnyih drevostoev [Models of growth and productivity of optimal stands]. Kiev, 144.
21. Svalov, N. N. (1983). Osnovnye polozheniia metodiki modelirovaniia proizvoditelnosti drevostoev [The main provisions of the methodology for modeling tree stand productivity]. Scientific bulletin of LitSHA, 38–40.
22. Lakyda, I. P., & Vasylyshyn, R. D. (2016). Methodological background for development of a system of growth and productivity models for stands of the main forest-forming tree species of Ukraine. Forestry and agroforestry, 129, 3–9.
23. Hall, D., Clutter, M. (2004). Multivariate multilevel nonlinear mixed effects models for timber yield predictions. Biometrics, 60, 16–24.
24. Hall, D., Bailey, R. (2001). Modeling and prediction of forest growth variables based on multilevel nonlinear mixed models. Forest Science, 47 (3), 311–321.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХОДА РОСТА МОДАЛЬНЫХ ДУБОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

П. И. Лакида, А. П. Бала, И. П. Лакида, Л. Н. Матушевич

Аннотация. На основе поведельной базы данных ПО «Укргослеспроект» по состоянию на 01.01.2011 г. проведено моделирование основных таксационных показателей, а именно средней высоты, среднего диаметра и запаса на 1 га. В качестве математических моделей использованы алометричная (степенная) функция (для моделирования среднего диаметра) и ростовая функция Митчерлиха (для моделирования средних высоты и запаса). Используя данные временных пробных площадей, на которых рубились и измерялись модельные деревья, смоделировано среднее видовое число дубовых древостоев украинского Полесья. На основе полученных математических моделей и с использованием общепринятых лесотаксационных формул построены таблицы хода роста для модальных дубовых древостоев семенного естественного происхождения Полесья Украины. Полученные таблицы хода роста характеризуют древостой в целом и часть, которая выбирается из насаждения в результате естественного отпада или проведенных лесохозяйственных мероприятий. Для выбираемой части древостоя использованы редуccionные и видовые числа, которые были рассчитаны ранее для дубовых древостоев лесостепной зоны Украины,

поскольку интенсивность проведения хозяйственных мероприятий в этих природных зонах не отличается.

Ключевые слова: дуб обыкновенный, Полесье Украины, средние таксационные показатели, динамическая бонитетная шкала, таблицы хода роста, модальные древостои, функция Митчерлиха.

MODELING GROWTH OF MODAL COMMON OAK STANDS IN UKRAINIAN POLISSIA

P. Lakyda, O. Bala, I. Lakyda, L. Matushevych

Abstract. Based on the stand-wise database of IA "Ukrderzhlisproekt" as of January 1, 2011, main mensurational indices, namely mean height, mean diameter and growing stock per hectare of common oak stands in Ukrainian Polissia, have been modelled. Mathematical models employ allometric (power) function (for mean diameter modeling) and Mitscherlich growth function (for mean height and growing stock modeling). Using the data collected at temporary sample plots, where model trees were cut down and measured, mean form factor of common oak stands in Ukrainian Polissia has been modeled. The developed mathematical models together with conventional forest mensuration formulas have enabled development of yield tables for modal stands of common oak of natural (seed) origin in Ukrainian Polissia. The resulting yield tables describe tree stands and their removed parts (due to natural thinning or forest management activities). For removed part, reduction numbers and form factors that were obtained for common oak stands in Forest-Steppe zone of Ukraine are used, since intensity of management activities in these natural zones does not differ significantly.

Keywords: common oak, Ukrainian Polissia, mean mensurational indices, dynamic site index scale, yield tables, modal stands, Mitscherlich function.

УДК 630*22/*23:625.71.8

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИСНИХ ПРИДОРОЖНІХ ЛІСОВИХ СМУГ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

С. І. МАКСИМЦЕВ, аспірант*

С. М. ДУДАРЕЦЬ, кандидат сільськогосподарських наук
Національний університет біоресурсів і природокористування
України

E-mails: serhiy1313@ukr.net, dudarec@ukr.net

Анотація. Виконано короткий аналіз нормативно-правових актів і літературних джерел, що характеризують лісівничо-меліоративний вплив захисних лісових насаджень лінійного типу на шляхи для

* Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук, доцент С. М. Дударець.