

повноти до 0,6 в деревостані II бонітету приріст зростає до 6,96 м³/га (за С. Недялковим). Якщо в 120 років деревостан I бонітету зрідити до повноти 0,83, приріст становитиме 13,1 м³/га, а II бонітету при повноті 0,86-8,6 м³/га.

Висновки. Внаслідок моделювання розраховано нормативи продуктивності для різновікових букових деревостанів у Карпатах. На основі цих нормативів запропоновано спосіб лімітування головного користування у вибірковому господарстві за наявності або формування в перспективі чотирьох поколінь лісу. Ліміти запасу є нормативною основою регулювання головного користування, результатом дотримання яких є досягнення сталості користування стиглим лісом. Загалом, організація вибіркового букового господарства в Карпатах за рахунок зростання інтенсивності користування приводить до зростання продуктивності на 20-30 %, порівняно з лісосічним.

Література

1. **Анучин Н.П.** Таксация и устройство разновозрастных лесов. – М.: Лесная пром-сть, 1969. – 64 с.
2. **Верхунов П.М.** Вопросы оптимизации лесопользования в связи с возрастным строением лесов// Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: КПИ, 1983. – С. 12-18.
3. **Воропанов П.В.** Лекции по лесной таксации/ Брянская областная типография управления по печати. – Брянск, 1965. – III часть. 2-я книга: Таксация массива. – 476 с.
4. **Косарев Н.Г.** К вопросу об особенностях таксации разновозрастных пихтовых насаждений Кузнецкого Ала-тау и Салаирского кряжа// Лесная таксация и лесоустройство/ III раздел/ Межвуз. научн. тр. по л/х. – Красноярск: Сиб. технолог. инст., 1974, вып. 3. – С. 6-12.

УДК 630*56

*Асист. М.М. Король¹, канд. с.-г. наук;
асист. Р.Р. Вицега² – НЛТУ України*

МОДЕЛІ РОСТУ СМЕРЕКОВОГО ДЕРЕВОСТАНУ

Оцінка росту дерев, а також визначення форми дерев і вихід сортиментів залежно від проведення господарських заходів у насадженні є важливим критерієм, що вказує на правильність і якість передбачуваних робіт за веденням догляду за лісом. Описані моделі росту дерев ялини європейської в Українських Карпатах. Для дослідження використано матеріали 80 пробних площ та 250 модельних дерев з повним аналізом ходу росту. Запропоновані моделі базуються на експоненціальних, логістичних та диференціальних рівняннях.

Ключові слова: модель росту, модель збігу стовбура, приріст, ялиновий деревостан.

Assist. M.M. Korol; assist. R.R. Vytseha – NUFWT of Ukraine

Growth model of spruce stands of Ukrainian Carpathians

Estimation of growth of trees, and also determination of form of trees and output of timber, depending on conducting of economic measures in planting is important criterion which specifies on a rightness and quality of the designed works on the conduct of care of forest. In work the patterns of growth of fir-tree are described European in Ukrainian Carpathians. For research material is used 80 sample plots and 250 model trees with the thorough analysis of motion of growth. The offered models are based on exponential, logistic and differential equalizations.

Keywords: growth model, model of sbega trunk, increase, spruce stands.

¹ korol@forest.lviv.ua

² ruslan@forest.lviv.ua

Вступ

При вивченні складних процесів та явищ необхідно використовувати моделі, за допомогою яких вивчають найбільш впливові чинники, що формують ті або інші властивості об'єкта. Модель дає змогу також навчитись правильно управляти об'єктом, апробуючи при цьому різні варіанти управління на моделі цього об'єкта. Конструкція моделей росту відображає організацію лісівничих знань та закономірностей окремих аспектів лісового розвитку для правильного ведення господарства. Лісові моделі росту формують у лісівника погляд на комплексну інтеграцію між структурою і процесами, які відбуваються в лісовій екосистемі, та сприяють глибшому розумінню розвитку лісу. Для лісівничої практики лісові моделі росту – це необхідні допоміжні засоби ефективного економічного планування лісового підприємства. Створення програми автоматичного обрахунку даних, а також прогнозування розвитку насадження на певний період, надає моделі практичності та мобільності.

Моделі росту, які є на сьогодні і базуються на зміні основних середніх показників насадження з віком, неадекватно оцінюють процеси формування та динаміки мішаних та різновікових деревостанів. В Європі на початку 90-х рр. розпочався розвиток моделей, які описують кожне поодиноке дерево або біогрупи насадження. Прикладом цього є роботи Г. Газенауера [1-5], А. Штаге [11], Р. Монзенруда [6-8], Г. Претча [9, 10], Г. Штерби [12-14].

На сьогодні існує дві різні групи моделей. Перша базується на роботах Р. Невгама, де пропагується потенційна концепція. Основним критерієм цього підходу є максимальний потенціал росту кожного дерева у деревостані. Фактичний приріст визначається пізніше, за допомогою редуційного фактора, який виводиться із дерев конкурентів [1, 12].

Другою важливою концептуальною думкою є визначення потенційного приросту. Фактичний приріст за діаметром, висотою та об'ємом визначаються безпосередньо із заміряних дерев [1, 3].

Матеріали та методика дослідження

Для дослідження моделювання росту дерева від таксаційних ознак самого дерева та деревостану використовувались модельні стовбури ялини звичайної, обміряні на 80 пробних площах в одновікових чистих ялинових деревостанах Українських Карпат. Вік деревостану коливався від 14 до 115 років. На кожній пробній площі здійснено суцільний перелік дерев із замірами висоти дерева для кожного ступеня товщини. Величина пробних площ узгоджувалась із віком та густотою деревостану і змінювалась у межах від 0,09 до 1,0 га. З кожної пробної площі було взято у середньому по 7 модельних дерев, для яких проведений повний аналіз ходу росту: на кожне дерево припадало у середньому до 12 замірів на висотах 0,0 м; 1,0 м; 1,3 м; 3,0 м; 5,0 м і т.д. Для модельних дерев, висота яких перевищувала 25 м, довжина секцій встановила 4 м.

Першим кроком у розвитку моделі, яка описує ріст дерева, використовували кореляційну матрицю між ознаками дерева та деревостану. Потім із використанням статистичної обробки та багатфакторного аналізу оцінювали найбільш впливові показники, які безпосередньо використані у рівняннях моделювання.

Результати дослідження

Моделі, які створені для ялинових насаджень Українських Карпат, розраховують приріст на п'ять років, а саме:

1. Модель приросту площі поперечного перерізу (Z_g)

$$Z_g = \frac{0.5}{1 + e^{\left(a_1 + a_2 \cdot \ln(d^2) + a_3 \cdot (h/d) + a_4 \cdot e^{(CR)} + \frac{BAL}{a_5} + \frac{a_6}{(N/A)} + a_7 \cdot \ln\left(\frac{d^2}{A}\right) \right)}}, \quad (1)$$

звідки, Z_d , чи d дорівнюватиме:

$$Z_d = 2 \cdot \sqrt{\frac{Z_g}{\pi}}, \text{ або } d = 2 \cdot \sqrt{\frac{Z_g + g}{\pi}}. \quad (2)$$

2. Модель приросту у висоту (Z_h)

$$Z_h = \frac{10}{1 + e^{\left(a_0 + a_1 \cdot \ln(h^2) + a_2 \cdot \left(\frac{h}{d}\right) + a_3 \cdot \ln(CR) + BAL^{a_4} + \frac{\ln\left(\frac{N}{A}\right)}{a_5} + a_6 \cdot \ln\left(\frac{d^2}{A}\right) \right)}}, \quad (3)$$

де: Z_g – поточний приріст за площею поперечного перерізу, m^2 ; Z_d – поточний приріст за діаметром, cm ; Z_h – поточний приріст за висотою, m ; d – діаметр дерева, cm ; h – висота дерева, m ; CR – частка крони дерева; BAL – сума площ поперечного перерізу найгрубіших дерев, $m^2/га$; A – вік дерева, роки; N – густина насадження, $шт/га$.

Для розрахунку приросту за об'ємом дерева використано таку формулу:

$$Z_v = V_a - V_{a-n}. \quad (4)$$

У нашому випадку об'єм дерева дорівнюватиме:

$$V_{a+n} = V_a + Z_v, \quad (5)$$

де: Z_v – 5-річний поточний приріст за об'ємом, m^3 ; V_a – об'єм дерева в теперішній час, m^3 ; V_{a+n} – об'єм дерева n (5) років вперед, m^3 .

Коефіцієнти моделей наведено в табл. 1.

Табл. 1. Коефіцієнти моделей приросту за площею поперечного перерізу і висотою

Коефіцієнти моделі	Приріст за площею поперечного перерізу Z_g	Приріст за висотою Z_h
a_0	1,250	-2,946
a_1	0,132	-1,193
a_2	0,416	5,352
a_3	-0,562	-0,546
a_4	3,363	0,074
a_5	2,187	73,597
a_6	-0,317	1,800

3. Модель твірної поверхні стовбура. Розрахунок твірної поверхні стовбура проводився за допомогою рівнянь:

$$r(h) = u + v \cdot e^{-ph} - w \cdot e^{qh}, \quad (6)$$

$$\text{де: } u = \frac{i}{1 - e^{q(1.3-H)}} + (r_{1.3} - i) \left(1 - \frac{1}{1 - e^{p(1.3-H)}}\right), \quad (7)$$

$$v = \frac{(r_{1.3} - i) \cdot e^{p \cdot 1.3}}{1 - e^{p(1.3-H)}}, \quad (8)$$

$$w = \frac{i \cdot e^{-qh}}{1 - e^{q(1.3-H)}}. \quad (9)$$

Параметри i, p, q моделі ялинового насадження описується наступним рівняннями:

$$i = e^{\left(a_1 + a_2 \cdot \ln(d) + \frac{a_3}{d}\right)}; \quad (10)$$

$$p = \frac{h \cdot d}{a_4 \cdot d^2 + a_5 \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^2 + \frac{a_6}{h \cdot G}}; \quad (11)$$

$$q = a_7 \cdot e^{\frac{a_8}{\ln(G)}} \cdot (d \cdot h)^{\frac{a_9}{d}}, \quad (12)$$

де: $r(h)$ – радіус дерева на висоті h (м), см; h – висота заміру діаметра, або радіуса дерева, м; H – загальна висота дерева, м; $r_{1.3}$ – радіус дерева на висоті грудей, см; i – коефіцієнт (загальний параметр; за С. Брінком і К. Гадовим, 1986); p – коефіцієнт (описує нижню частину профілю дерева); q – коефіцієнт (описує верхню частину профілю дерева); d – діаметр дерева на висоті грудей, см; G – сума площ поперечного перерізу деревостану, м²/га; $a_1 \dots a_9$ – коефіцієнти рівняння.

Для цієї моделі за допомогою нелінійних рівнянь розраховано такі коефіцієнти, які наведено в табл. 2.

Табл. 2. Значення коефіцієнтів твірної поверхні стовбура

Значення коефіцієнтів	Коефіцієнти								
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
	0,857	0,584	-6,974	0,704	29,286	678,506	0,009	2,266	4,952

Крім цього, модель дає змогу розрахувати об'єм ростучого дерева (V) на вибраних висотах h_1 та h_2 і має такий вигляд:

$$V(h_1, h_2) = F(h_2) - F(h_1) \quad \text{де} \quad F(h) = \int f(h) dh \quad \text{і} \quad f(h) = \pi \cdot (r(h))^2, \quad (13)$$

$$\text{де} \quad F(h) = \pi \int u^2 + v^2 e^{-2ph} + w^2 e^{2qh} dh + 2\pi \int uve^{-ph} - uwe^{qh} - vwe^{(q-p)h} dh. \quad (14)$$

За цими моделями можна розрахувати сортиментну структуру всього деревостану.

Обговорення

Ялинові насадження Українських Карпат, в основному, формувалися під впливом антропогенного фактора, що позначилось на їх структурі, зако-

номірностях росту та зміні таксаційних показників. Ялинові деревостани Українських Карпат характеризуються високими таксаційними показниками і на їх величину істотно впливають лісогосподарські заходи. На сьогодні важливим є створення математичних моделей, які автоматично оцінюють зміни показників деревостану залежно від проведення доглядових рубань за лісом. Запропоновані моделі дають змогу розрахувати основні показники окремого дерева (приріст висоти та діаметра, форму стовбура), які у подальшому аналізують оцінку та стан цілого деревостану.

Література

1. **Hasenauer H.** Die simultanen Eigenschaften von Waldwachstums-modellen. – Hamburg: Paul Parey, 2000. – 354 s.
2. **Hasenauer H.** Höhenzuwachsmodele fuer die wichtigsten Baumarten Österreichs// Forstwiss. Cbl. 118, 1999. – S. 14-23.
3. **Hasenauer H., Monserud R.A.** A crown ratio model for Austrian forests. Forest Ecology and Management 84, 1996. – P. 49-60.
4. **Hasenauer H., Monserud R.** Biased predictions for tree height increment models developed from smooth "data"// Ecological Modelling 98, 1996. – P. 13-22.
5. **Hasenauer H., Stampfer E., Rohrmoser C., Sterba H.** Solitärdimensionen der wichtigsten Baumarten Österreichs. – ÖFZ 105 (3), 1994. – S. 28-29.
6. **Monserud R.A.** Methodology for simulating Wisconsin northern hardwood stand dynamics. – Univ. Wisconsin-Madison, Dissertation Abstrakt, 1975. – Vol. 36 (11). – 156 p.
7. **Monserud R.A., Sterba H.** A Basal Area Increment Model for Even- and Uneven-Aged Forest Stands in Austria// Forest Ecology and Management, 1996. – N 80. – P. 57-80.
8. **Monserud R.A., Sterba H.** Modeling individual tree mortality for Austrian forest species// Forest Ecology and Management 113, 1999. – P. 109-123.
9. **Pretzsch H.** Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände. – FFM 115, 1992. – 332 s.
10. **Pretzsch H.** Modellierung des Waldwachstums. Parey Buchverlag Berlin, 2001. – 341 s.
11. **Stage A.R.** Prognosis model for stand development. USDA Forest Service Research Paper INT – 137, 1973.
12. **Sterba H.** Prognaus – ein abstandsunabhängiger Wachstums-simulator für gleichaltrige Mischbestände. Deutscher Verband forstlicher Forschungsanstalten- Sektion Ertragskunde, 29-31. Mai 1995 Joachimsthal, 1995. – S. 173-183.
13. **Sterba H., Korol M., Rössler G.** Ein Ansatz Evaluierung eines Einzelbaumwachstumssimulators für Fichtenreinbestände// Forstwissen-schaftliches Centralblatt. – Berlin: Blackwell Verlag, 2001. – Nr 120 (6). – S. 175-182.
14. **Sterba H., Monserud R.A.** Applicability of the forest stand growth simulator PrognAus for the Austrian part of the Bohemian Massif. Ecological Modelling. 98, 1997. – P. 23-34.

УДК 712.4(477.82)

*Асист. Н.П. Ковальчук – Луцький державний
технічний університет*

САДОВО-ПАРКОВЕ МИСТЕЦТВО У ПРИВАТНИХ САДАХ М. ЛУЦЬКА

Подано результати аналізу композиційної побудови та видового складу зелених насаджень приватних садів м. Луцька. Вперше проведено порівняльні дослідження побудови малого саду на сучасному етапі та його дендрологічний склад, що дає можливість визначити і порівняти на домінуючі аспекти у композиційному вирішенні ландшафтного дизайну малого саду, провести чіткий аналіз та визначити основні напрямки, якими керується садово-паркове мистецтво сучасності.

Ключові слова: дендрофлора, ландшафтний дизайн, садово-паркове мистецтво, система озеленення, малий сад, дендрологічний склад.