



1. ЛІСОВЕ ТА САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*624:630*64

Ст. викл. Ю.Й. Каганяк, канд. с.-г. наук –
НЛТУ України

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РІЗНОВІКОВИХ БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ У КАРПАТАХ

Проведено короткий огляд методів таксації різновікових деревостанів. Опрацьовано моделі динаміки основних таксаційних показників різновікового букового деревостану у Карпатах. Здійснено порівняльний аналіз вибіркового та лісосічного господарств. Показано, що вибіркоче господарство на 20-30 % продуктивніше від лісосічного. На основі величини запасу найстаршого покоління букового деревостану запропоновано регулювати головне користування вибіркового господарства.

Ключові слова: продуктивність, покоління лісу, різновіковий деревостан, бук, модель, оптимізація, вибіркоче господарство, обіг рубання.

Senior teacher Yu.Yo. Kaganyak – NUFWT of Ukraine

Modeling of efficiency of uneven-age beechen forest stands in Carpathians

The brief review of methods of valuation of uneven-age forest stands is made. It is developed models of dynamics main taxation parameters of uneven-age beechen forest stands in Carpathian Mountains. The comparative analysis selective and felling facilities are made. It is shown, that a selective facilities on 20-30 % productive from felling. It is offered on the basis of size of a stock most old generation of a beechen forest stand to adjust the main using a selective facility.

Keywords: efficiency, generations of a wood, uneven-age a forest stand, a beech, model, optimization, a selective facilities, a revolution of cabin.

Екологічна ситуація Карпатського регіону актуалізує пошуки придатних шляхів лісокористування. Як виявилось, лісосічна форма ведення лісового господарства не забезпечила ефективне використання кліматорегулювальної функції лісу. Мораторій на суцільні рубання у Карпатах є підтвердженням цьому і одночасно правовою передумовою переходу до інших форм господарства. Модель вибіркового господарства придатніша для організації лісокористування у регіоні. Вибіркові рубання дають позитивний ефект для прискореного нагромадження запасу, особливо освітленою частиною деревостану. За результатами інституту лісу (м. Брно, Чехія), поточний приріст

зростає на 30-50 %. Проф. Бланкмейстер (ФРН) вважає вибіркоче господарство продуктивнішим, ніж лісосічне [3].

Відмінність між моделями користування в госпсекціях одно- і різновікових деревостанів вимагає обґрунтування нормативів продуктивності. Їх побудова пов'язана із зазначеною специфікою різновікових насаджень. Моделювання продуктивності різновікових деревостанів вимагає врахування їх особливостей. Такі деревостани утворені двома категоріями дерев (освітленими та затіненими). Загальна продуктивність освітленої частини деревостану $\approx$ в 4 рази перевищує затінену. Дерев, котрі потрапляють у зону освітлення збільшують ширину річного шару. Якщо в дерева після освітлення приріст не збільшується, його зараховують до стадійно старого (зі сповільненим ростом), що є підставою до рубання. Решта деревостану утворюють дерева вільного росту, які не досягли експлуатаційних розмірів. Зниження відносної повноти до 0,6 вважають критичною межею, за якою зростає ризик втрати деревостаном характерних властивостей.

Методика дослідження та моделювання процесу. Загальноприйнятою є думка щодо використання диференційної таксації для оцінки різновікових деревостанів з виділенням поколінь лісу. Н.Г. Косарев, М.П. Анучін, П.М. Верхунов встановили вірогідний зв'язок між розмірами стовбурів дерев та їх віком [1, 2, 4].

Аналіз таксаційних показників різновікових деревостанів бука у Карпатах також підтверджує наявність кореляції ($\approx 0,8$) між віком окремих поколінь лісу та їх середньою висотою. Якщо виразити вік і середню висоту кожного покоління деревостану в частках від одиниці найстаршого, тоді залежність між ними описується графіком, який проілюстровано на рис. 1.

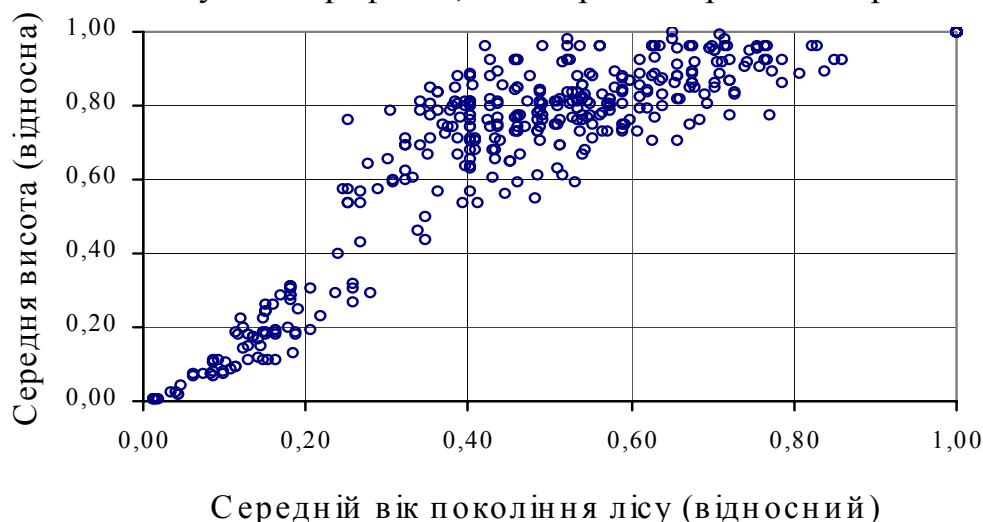


Рис. 1. Залежність між віком та середньою висотою поколінь у різновіковому буковому деревостані

Трапляються випадки, коли бонітет молодшого покоління не збігається з найстаршим. Такий збіг виникає з двох причин. По-перше, до вікового покоління приєднано дерева з інших класів віку. Ймовірність зростає, якщо різниця у віці між поколіннями велика. По-друге, покоління лісу характеризуються затримкою (прискоренням) росту в певні проміжки часу через несприятливі (сприятливі) кліматичні умови.

Для встановлення оптимального співвідношення висот з бази даних вибрано деревостани, в яких трапляється не менше трьох поколінь і підріст. Середню висоту різновікового букового деревостану описано моделлю 1. Величину середнього діаметра знаходимо залежно від віку, повноти та бонітету. Апроксимацію середнього діаметра проводимо опосередковано через $D \cdot H^{-1}$ з подальшим множенням на середню висоту. Остаточно модель описується регресійним рівнянням 2, а середнє видове число – рівнянням 3. Запас різновікового деревостану є функцією середньої висоти з диференціацією за бонітетами, скоригованим на відносну повноту. Модель запасу апроксимовано за формулою 4. Показники відпаду (середні висоту та діаметр) описано моделями 5-6.

$$H = B \cdot \left(\frac{A_i^{2,959-0,2792 \cdot \ln(A_i)}}{A_B^{2,959-0,2792 \cdot \ln(A_B)}} \right)^{1,0125}, \quad (1)$$

$$D = (0,0017 \cdot B + 0,0279) \cdot \text{EXP}\{0,9985 \cdot \Pi\} \cdot H \cdot A^{1,479 \cdot B^{-0,241} - 0,251 \cdot \Pi}, \quad (2)$$

$$F = (0,6783 + 0,4707 \cdot D) \cdot D^{-1,0323} + 0,125 \cdot H^{-0,8945}, \quad (3)$$

$$M = \Pi \cdot (0,027 \cdot B + 1,2189) \cdot H^{2,14-0,094 \cdot \ln(H) - 0,007 \cdot \ln(H)^2}, \quad (4)$$

$$H = (0,3119 - 0,0007 \cdot B) \cdot H^{1,4029-0,0021 \cdot B}, \quad (5)$$

$$D = (0,2944 - 0,013 \cdot B) \cdot D^{1,3289-0,0006 \cdot B}. \quad (6)$$

Наступним етапом визначено оптимальну кількість вікових поколінь і максимальну відносну повноту деревостану, яка забезпечує необхідне за кількістю природне поновлення. Відносна повнота деревостану після вирубування стиглого покоління має коливатися в межах 0,6-0,8 одиниць (рис. 2). Це забезпечує необхідну кількість підросту (10-15 тис. шт./га) та простір для росту молодшого покоління бука.

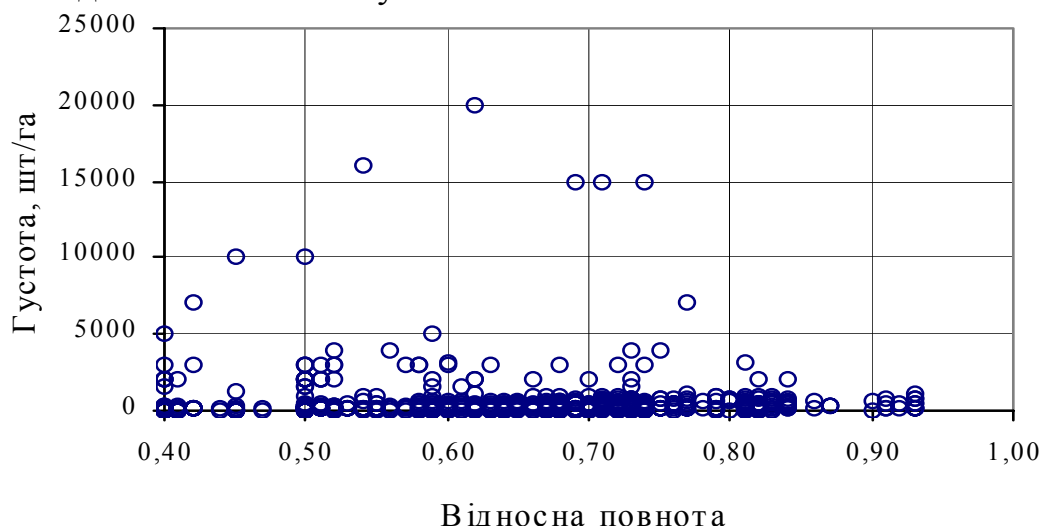


Рис. 2. Зв'язок між кількістю підросту і відотною повнотою різновікового букового деревостану

Буковий деревостан у віці рубання повинен характеризуватися відотною повнотою не менше 0,8. Тоді вибірка за запасом 0,2 одиниці забезпечить сприятливий світловий режим під наметом для поновлення.

Починаючи приблизно з 5-го класу віку (20-річні класи) найстаршого покоління, кількість підросту дорівнює 15000 шт/га. Отже, беручи до уваги вік найстаршого покоління, достатнього поновлення будемо очікувати не раніше 100-го віку.

За Н.Г. Косаревим [4], різниця у відсотках між поколіннями має становити 30-50 % для достовірної різниці середніх висоти та діаметра суміжних поколінь. Якщо цю різницю взяти за 30 %, то можливо виділити 4 покоління, 40 % – три покоління, 50 % – два покоління в різновіковому деревостані. Для чотирьох поколінь при різному віці рубання нормальне співвідношення абсолютного віку поколінь у деревостані подано у табл. 1.

Табл. 1. Абсолютний вік поколінь букового деревостану

Вік рубання, років	Обіг рубання, років	Абсолютний вік покоління, років			
		першого	другого	третього	четвертого
100	30	100	70	40	10
120	36	120	84	48	12
140	42	140	98	56	14
160	48	160	112	64	16

Отже, необхідна різниця у віці повинна становити 30-50 % від віку найстаршого покоління. При більшій різниці виділяємо 3-є покоління і т. д. Такий підхід підтверджено експериментально. Різними авторами оптимальною кількістю поколінь приймається 3-4 (з врахуванням підросту). Реально в Карпатах такі букові деревостани існують. У табл. 2, 3 подано результати їх статистичного оброблення.

Табл. 2. Вікова структура поколінь букових деревостанів

Кількість вікових поколінь (суміжні)	Різниця віку між поколіннями (відносна)										
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65 і більше
2 (1 і 2)	0,9	3,7	6,7	9,2	13,6	12,4	13,6	12,4	8,5	9,7	9,2
3 (1 і 2)	2,2	2,8	6,2	9,0	9,0	11,2	13,5	12,4	16,3	10,7	6,7
3 (2 і 3)	4,0	8,4	15,7	12,4	16,9	11,8	10,7	7,3	5,6	3,4	4,0
4 (1 і 2)	18,8		18,8	25,0	25,0	6,3		6,3			
4 (2 і 3)	18,8	25,0	18,8	25,0	6,3	6,3					
4 (3 і 4)	12,5	6,3	18,8		25,0	18,8	6,3	6,3	6,3		

При зростанні кількості поколінь у деревостані різниця у віці між ними зменшується. Для деревостану з 2-х поколінь вона становить 45 %, з 3-х – 40 %, з 4-х – 30 %, з 5-ти – 13 %.

Необхідним елементом побудови нормативів продуктивності різновікових деревостанів є оптимізація пропорції (перерозподіл запасу) між виділеними віковими поколіннями при врахуванні наявності одночасно від 2-х до 4-х поколінь. Основною умовою є не зниження головного користування в часі за запасом у межах деревостану. Запас найстаршого покоління не доцільно формувати менше ніж 30 м³/га. Оптимізувати пропорцію між запасом поколінь лісу, з врахуванням сказаного вище, можна на основі аналітичного виразу 7.

Табл. 3. Основні статистики вікової структури поколінь деревостанів бука

Кількість вікових поколінь (суміжні покоління)	X_c	σ	m_y	X_{min}	X_{max}
Два вікові покоління (1 і 2)	0,44	0,13	0,05	0,13	0,76
Три вікові покоління (1 і 2)	0,45	0,13	0,05	0,13	0,74
Три вікові покоління (2 і 3)	0,37	0,13	0,05	0,09	0,70
Чотири вікові покоління (1 і 2)	0,29	0,09	0,03	0,13	0,49
Чотири вікові покоління (2 і 3)	0,25	0,08	0,02	0,15	0,42
Чотири вікові покоління (3 і 4)	0,34	0,12	0,04	0,15	0,56
П'ять вікових поколінь (1 і 2)	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13
П'ять вікових поколінь (2 і 3)	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13
П'ять вікових поколінь (3 і 4)	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13
П'ять вікових поколінь (4 і 5)	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13

$$M(P, U) = x \cdot \left(\sum_{j=2}^4 \sum_{i=U}^1 t_i^j \right). \text{ Звідси } x = \frac{M(P, U)}{\left(\sum_{j=2}^4 \sum_{i=U}^1 t_i^j \right)}, \quad t_i^j = \frac{M_U}{M_{A_i}}, \quad (7)$$

де: x – запас найстаршого покоління; U – вік рубання.

Результати дослідження. Результати табуляції моделей динаміки середніх висоти, діаметра та видового числа різновікових букових деревостанів у Карпатах подано у табл. 4.

Табл. 4. Динаміка середніх показників різновікового букового деревостану при відносній повноті 1,0

Вік, років	Класи бонітету											
	ІВ	ІА	І	ІІ	ІВ	ІА	І	ІІ	ІВ	ІА	І	ІІ
	Середня висота, м				Середній діаметр, см				Середнє видове число			
20	5,9	5,3	4,7	4,1	4,4	3,8	3,3	2,8	0,623	0,649	0,681	0,721
40	17,0	15,2	13,5	11,8	16,2	14,4	12,6	11,0	0,478	0,486	0,495	0,507
60	26,0	23,4	20,7	18,1	28,9	25,8	22,9	20,0	0,450	0,455	0,461	0,467
80	32,3	29,0	25,7	22,4	40,0	35,9	31,9	28,2	0,438	0,442	0,447	0,452
100	36,3	32,6	28,9	25,2	48,8	44,0	39,3	34,8	0,432	0,436	0,440	0,444
120	38,6	34,7	30,8	26,8	55,6	50,2	45,0	40,1	0,429	0,432	0,435	0,439
140	39,8	35,7	31,7	27,6	60,6	54,9	49,3	44,1	0,427	0,430	0,433	0,437
160	40,1	36,0	31,9	27,8	64,2	58,2	52,5	47,0	0,425	0,428	0,431	0,435
180	39,8	35,7	31,7	27,6	66,6	60,5	54,7	49,1	0,425	0,427	0,430	0,434
200	39,1	35,1	31,2	27,2	68,1	62,0	56,1	50,5	0,424	0,427	0,430	0,433

Розрахунок запасу найстаршого покоління при різній відносній повноті різновікового букового деревостану і різному віці рубання подано в табл. 5. Розраховане оптимальне співвідношення запасу в деревостані, який складається із 4-х поколінь, є нормативною основою регулювання головного користування вибіркового господарства та забезпечує не спадання маси головного користування в часі.

Аналіз результатів дослідження. Аналіз ходу росту за висотою модельних дерев дав результати, дещо відмінні від даних у одновікових деревостанах. Особливістю динаміки середньої висоти є повільніший темп росту на початковій стадії і перевага після переходу у верхній намет у різновікових

деревостанах. Близькість темпів росту за діаметром між одновіковими деревами та вікових поколінь різновікових букових насаджень зникає в міру досягання дерев бука.

Табл. 5. Вплив віку рубання та відносної повноти деревостану на величину запасу найстаршого покоління лісу (х)

Бонітет	Вік рубання, років	Відносна повнота деревостану		
		1,0	0,8	0,6
ІВ	160	297	238	178
	140	290	232	174
	120	277	222	166
ІА	160	250	200	150
	140	244	195	146
	120	233	186	140
І	160	206	165	124
	140	200	160	120
	120	191	153	115
ІІ	160	165	132	99
	140	160	128	96
	120	153	122	92
ІІІ	160	127	102	76
	140	123	99	74
	120	117	94	70
ІV	160	93	74	56
	140	90	72	54
	120	85	68	51

Для порівняння наводиться таксаційна характеристика різновікового деревостану бука ІА бонітету (табл. 6). Для віку стиглості 160 років виділено 4 цикли головного користування. Тому для різновікового деревостану ефект за запасом скориговано на 4 цикли впродовж обігу рубання.

Табл. 6. Таксаційні показники різновікового букового деревостану ІА бонітету

Вік, років	Середня висота, м	Запас, м ³ /га	Загальна продуктивність, м ³ /га	Поточний приріст, м ³ /га
160	36,0	243	288	0,2
112	34,0	227	263	1,1
64	24,7	151	167	3,1
16	3,5	6	5	0,8

Загальна концентрація запасу у різновіковому деревостані бука впродовж 160 років дорівнює сумі запасу 4 поколінь і потроєному добутку запасу найстаршого покоління: $628 + 3 \cdot 243 = 1357 \text{ м}^3/\text{га}$. Головне користування рівне: $4 \cdot 243 = 973 \text{ м}^3/\text{га}$. Загальна продуктивність дорівнює: $723 + 3 \cdot 243 + 3 \cdot 45 = 1587 \text{ м}^3/\text{га}$. Сумарний поточний приріст за 4 цикли становитиме: $4 \cdot 5,2 = 20,8 \text{ м}^3/\text{га}$.

Якщо результати порівняти із головним користуванням одновікового 160-річного букового деревостану, тоді позитивний ефект складатиме $973 - 789 = 183 \text{ м}^3/\text{га}$ або більше на 23 %.

Для порівняння наводимо результати (за Гергардтом) для різновікових букових деревостанів [3]. У 140 років деревостан І бонітету характеризується поточним приростом $6,7 \text{ м}^3/\text{га}$, ІІ бонітету – $5,3 \text{ м}^3/\text{га}$. При зниженні відносної

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. Вицег² – 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