

Г.Г. ГРИНИК¹

**МОДЕЛЮВАННЯ РОСТУ БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ
УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ
РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ**

За результатами аналізу виділених в межах конкретних типів лісорослинних умов експозиційно-орографічних груп визначено площі деревостанів різних класів бонітету та обчислено середні значення класів бонітету для експозиційно-орографічних груп. Здійснено моделювання середніх висоти та діаметра деревостанів бука лісового в Українських Карпатах. Моделювання здійснювали для відповідних експозиційно-орографічних груп в межах типів лісорослинних умов C_2 - C_3 та D_2 - D_3 . Визначено коефіцієнти запропонованої функції та її адекватність дослідним даним. Здійснено порівняльний аналіз отриманих результатів для різних експозиційно-орографічних груп.

Ключові слова: *бук лісовий, моделювання таксаційних показників, гірські деревостани*

Вступ. Деревостани з домінуванням бука лісового в Українських Карпатах займають значну площу [1, 2], тому питання прогнозування росту, особливо модальних деревостанів, на сьогодні є надзвичайно актуальним. З метою складання нормативно-довідкових таблиць для таксації букових деревостанів необхідно зважати на особливості їхнього росту у висоту та за діаметром із врахуванням відносної повноти та класу бонітету.

Метою роботи було дослідити вплив особливостей рельєфу місцевості на ріст у висоту та за діаметром букових деревостанів Українських Карпат на основі моделювання процесів росту з урахуванням повноти та віку досліджуваних деревостанів в межах класів бонітету і типів лісорослинних умов.

¹**ГРИНИК** **Георгій** **Георгійович** – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри лісової таксації і лісовпорядкування, Національний лісотехнічний університет України. м. Львів, Україна. Тел.: +38-096-541-39-51. E-mail: juhrynyk@bigmir.net

Об'єкти та методика досліджень. Об'єктом дослідження були букові гірські деревостани різного віку, складу та повноти. Для аналізу з повидільної бази даних ВО "Укрдержліспроєкт", актуальної станом на 01.01.1996 р., було відібрано ділянки з перевагою бука лісового з урахуванням частки головної породи у складі насадження та з урахуванням характеристик рельєфу місцевості, а саме: висота над рівнем моря (н.р.м.), стрімкість та експозиція схилу. У межах груп віку здійснено групування деревостанів за групами типів лісорослинних умов.

Для дослідження складних систем, до яких належать лісові екосистеми, доцільно використати моделювання. Зважаючи на кореляційний аналіз таксаційних ознак досліджуваних букових деревостанів та шляхом вибору рівняння, яке найбільш адекватно описує відповідні моделі, ми застосували експоненціальне рівняння виду:

$$y = a_0 + a_1 / x_1 + a_2 \cdot x_2 \cdot e^{a_3/x_1 + a_4 \cdot x_2}, \quad (1)$$

де: a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 – коефіцієнти рівняння; x_1 – відносна повнота деревостану; x_2 – вік деревостану, років.

Розв'язок рівняння залежності здійснювали шляхом пошуку мінімуму квадратів різниці емпіричних і модельованих значень, а адекватність моделі оцінювали за допомогою величини значення коефіцієнта детермінації R^2 . За результатами узагальнення та моделювання росту у висоту для відповідних експозиційно-орографічних груп розраховано значення коефіцієнтів функції (1) для деревостанів різних класів бонітету, характеристика та розмір вибірки яких були достатні для здійснення процесу моделювання. Перевірку отриманих результатів виконували за допомогою порівняльного аналізу отриманих модельованих значень з емпіричними даними повидільної бази даних та з результатами досліджень на постійних і тимчасових пробних площах.

Результати дослідження. Під час дослідження особливостей росту за таксаційними показниками букових деревостанів ми пропонуємо згрупувати їх за принципом належності до групи оптимально-продуктивних місцеположень з урахуванням експозиційно-орографічних особливостей рельєфу місцевості [3, 4].

За встановленими межами розташування оптимально-продуктивних місцеположень деревостанів із врахуваннями експозиційно-орографічних характеристик рельєфу місцевості, ми здійснили групування букових деревостанів в умовах C_2-C_3 , за двома групами: до першої групи віднесли деревостани, які ростуть в межах оптимально-продуктивних місцеположень, а до другої – решту деревостанів (рис.) [3]. Наявність у виділених нами групах деревостанів різних класів бонітету пояснюється певними відмінностями у походженні деревостанів, у типах ґрунтів та належності таких деревостанів до різних типів лісу.

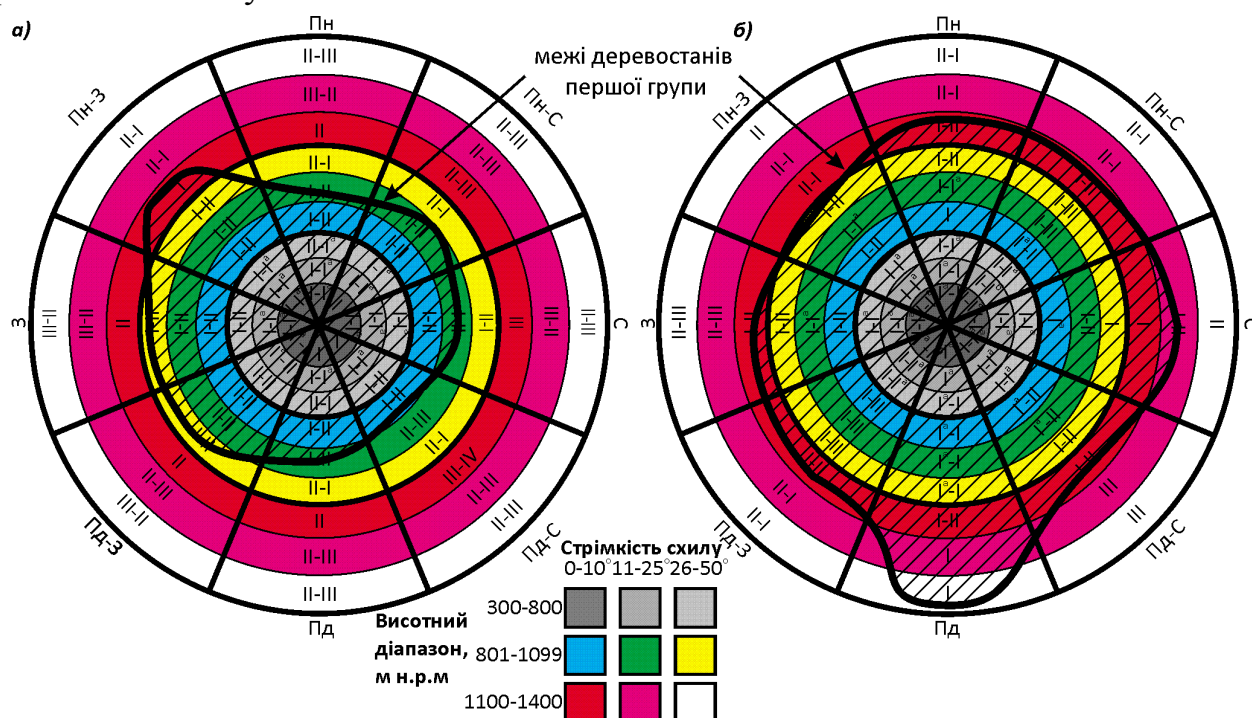


Рис. Межі оптимально-продуктивних місцеположень букових деревостанів із врахуванням експозиційно-орографічних характеристик рельєфу місцевості у відповідних типах лісорослинних умов: а) C_2-C_3 ; б) D_2-D_3

Таблиця 1

Розподіл площ букових деревостанів за експозиційно-орографічними групами в умовах C_2-C_3

Групи розташування деревостанів	I		II	
	Площа		Площа	
Класи бонітету	га	%	га	%
I ^c	78,5	0,1	—	—
I ^b	2119,5	1,9	68	0,2
I ^a	18527,6	16,8	1263	3,2
I	52087,8	47,2	10166,5	25,5

II	32196,1	29,1	20391,1	51,1
III	5037,1	4,6	7257,3	18,2
IV	390,2	0,4	695,3	1,7
V	32,7	0,0	83,0	0,2
Разом	110469,5	100,0	39924,2	100,0

За результатами аналізу даних табл. 1 встановлено, що для I групи середнє значення класу бонітету становить I,19, а для II – I,90. Частка букових деревостанів I і вище класів бонітету для I групи становить 66,0 %, а для II групи – 28,9 %. Частки площ букових деревостанів I групи, які ростуть за I та вище класами бонітетів, порівняно з деревостанами II групи є вищими (I^c – 0,1 і 0,0 %; I^b – 1,9 і 0,2 %; I^a – 16,8 і 3,2 %; I – 47,2 і 25,5 %). Одночасно частка площ букових деревостанів II групи, які ростуть за II та нижче класами бонітетів, порівняно з деревостанами I групи, є вищими (II – 29,1 і 51,1 %; III – 4,6 і 18,2 %; IV – 0,4 і 1,7 %; V – 0,0 і 0,2 %), що також додатково свідчить про доцільність здійсненого поділу.

Таблиця 2

Розподіл площ букових деревостанів за експозиційно-орографічними групами в умовах D₂-D₃

Групи розташування деревостанів	I		II	
	Площа		Площа	
	га	%	га	%
I ^d	24,90	0,01	–	–
I ^c	395,30	0,19	–	–
I ^b	11665	5,48	–	–
I ^a	75940,6	35,70	246,7	11,98
I	100924,4	47,45	715,4	34,75
II	22025,7	10,36	996,9	48,42
III	1865,2	0,88	95,3	4,63
IV	281,4	0,13	4,6	0,22
V	0,9	0,00	–	–
Разом	212703,2	100,00	2058,9	100,00

Аналіз даних табл. 2 показує, що для I групи середнє значення класу бонітету становить I^a,66; для II – I,46. Частка букових деревостанів I і вище класів бонітету для I групи становить 88,8 %, а для II групи – 46,7 %. Зі збільшенням висотного діапазону у досліджуваних деревостанах частка площ деревостанів I та вищих класів бонітету зменшується, а II та нижчих – збільшується. Частки площ букових деревостанів I групи, які ростуть за I та вище класами бонітетів, порівняно з деревостанами II групи, є вищими (I^d –

0,01 і 0 %; Γ^c – 0,19 і 0 %; Γ^b – 5,48 і 0 %; Γ^a – 35,70 і 11,98 %; I – 47,45 і 34,75 %). Одночасно частка площ букових деревостанів II групи, які ростуть за II та нижче класами бонітетів, порівняно з деревостанами I групи, є вищими (II – 10,36 і 48,42 %; III – 0,88 і 4,63 %; IV – 0,13 і 0,22 %).

Коефіцієнти функції моделей росту у висоту букових деревостанів в умовах C_2 - C_3 залежно від повноти та віку представлено у табл. 3.

Таблиця 3

Коефіцієнти функції (1) моделей росту у висоту букових деревостанів в умовах C_2 - C_3 залежно від повноти та віку

Коефіцієнти рівняння	Класи бонітету					
	Γ^b	Γ^a	I	II	III	IV
I експозиційно-орографічна група						
a_0	-1,736	-1,865	-2,069	-2,214	-2,466	-1,847
a_1	-59,347	144,858	3,358	15,794	5,471	4,971
a_2	0,658	0,610	0,484	0,484	0,398	0,361
a_3	23,790	87,358	6,739	33,784	7,965	8,361
a_4	-0,005	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006
R^2	0,98	0,99	0,99	0,99	0,97	0,90
II експозиційно-орографічна група						
a_0	-2,687	-1,524	-1,624	-1,724	-0,913	–
a_1	0,727	3,951	1,849	1,801	6,102	–
a_2	0,490	0,496	0,400	0,355	0,298	–
a_3	5,634	12,317	7,663	13,105	13,538	–
a_4	-0,005	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006	–
R^2	0,99	0,99	0,99	0,97	0,90	–

Зі збільшенням відносної повноти спостерігається збільшення значення середньої висоти у деревостанів для дерев обох експозиційно-орографічних груп. Для I групи значення середньої висоти незначно більше, порівняно із II групою. Для деревостанів II експозиційно-орографічної групи спостерігаються суттєвіші зміни середньої висоти зі зміною повноти в межах одного віку, порівняно із ялиновими деревостанами. Це зумовлено екологічними особливостями бука лісового як листяної породи. Зі зменшенням повноти особини бука починають формувати більш розлогу крону, що сприяє збільшенню об'єму деревини гілок і, як наслідок, зменшення приростів у висоту. Зважаючи на порівняно гірші умови для росту букових деревостанів у II експозиційно-орографічній групі, зменшення відносної повноти негативно впливає на розвиток крони, наслідком чого є її збільшення, зокрема за рахунок

розростання скелетних гілок, та зменшення висоти і загального об'єму стовбура.

Для моделювання росту у висоту букових деревостанів в умовах D₂-D₃ використано рівняння (1) (табл. 4).

Таблиця 4

Коефіцієнти функції (1) моделей росту у висоту букових деревостанів в умовах D₂-D₃, залежно від повноти та віку

Коефіцієнти рівняння	Класи бонітету					
	I ^b	I ^a	I	II	III	IV
I експозиційно-орографічна група						
a_0	-1,636	-2,241	-1,624	-1,654	-1,625	-0,892
a_1	-61,313	0,977	3,846	1,954	1,743	6,112
a_2	0,665	0,490	0,512	0,402	0,365	0,298
a_3	23,790	6,132	13,247	7,584	14,105	15,462
a_4	-0,005	-0,005	-0,006	-0,006	-0,006	-0,006
R^2	0,98	0,99	0,99	0,99	0,97	0,90
II експозиційно-орографічна група						
a_0	–	-1,735	-1,165	-1,453	-1,563	-0,913
a_1	–	77,918	4,254	2,700	1,417	6,102
a_2	–	0,622	0,495	0,409	0,301	0,298
a_3	–	14,517	26,542	9,919	6,260	13,538
a_4	–	-0,006	-0,005	-0,006	-0,004	-0,006
R^2	–	0,99	0,99	0,99	0,97	0,90

Порівняно із деревостанами II експозиційно-орографічної групи, деревостани I групи, починаючи з віку 40-50 років, мають неістотну перевагу у рості одночасно із дещо вищою диференціацією зі зміною відносної повноти деревостану. Динаміка середньої висоти деревостанів обох груп незначно відхиляється від табличних значень росту у висоту гірських букових деревостанів.

За результатами кореляційного аналізу таксаційних показників досліджуваних букових деревостанів ми використали рівняння (1) для моделювання їх росту за діаметром. За результатами узагальнення та моделювання росту у висоту букових деревостанів, для відповідних експозиційно-орографічних груп розраховано значення коефіцієнтів функції (1), які наведено у табл. 5 для деревостанів різних класів бонітету залежно від повноти та віку, що ростуть в умовах C₂-C₃.

**Коефіцієнти функції (1) моделей росту за діаметром букових деревостанів
в умовах С₂-С₃ залежно від повноти та віку**

Коефіцієнти рівняння	Класи бонітету					
	Г ^b	Г ^a	I	II	III	IV
I експозиційно-орографічна група						
a_0	4,913	-4,135	-3,638	-3,302	-2,799	-2,318
a_1	-0,124	1,235	2,689	1170,132	14,144	-0,946
a_2	0,550	0,790	0,843	0,558	0,554	0,408
a_3	249,317	-2,550	-3,686	-4,380	-2,670	4219,474
a_4	-0,004	-0,004	-0,008	-0,004	-0,004	-0,005
R^2	0,98	0,99	0,99	0,99	0,97	0,90
II експозиційно-орографічна група						
a_0	–	9,169	-3,255	-3,296	-2,862	-2,185
a_1	–	-0,080	6,977	1170,132	599,174	-0,866
a_2	–	0,424	0,615	0,562	0,535	0,403
a_3	–	4,409	-3,297	-4,363	-2,799	4219,478
a_4	–	-0,004	-0,003	-0,004	-0,004	-0,004
R^2	–	0,99	0,99	0,99	0,97	0,90

Моделювання росту за діаметром для букових деревостанів Г^b класу бонітету для II експозиційно-орографічної групи в умовах С₂-С₃ не здійснювали у зв'язку із малою кількістю емпіричних даних повидільної бази даних та пробних площ. Деревостани I групи відрізняються вищими, порівняно із деревостанами II групи, значеннями середнього діаметра. Для обох груп характерним є збільшення значення середнього діаметра зі зменшенням відносної повноти деревостану. Значення коефіцієнтів детермінації є достатньо високими для усіх моделей, але для деревостанів I групи є вищим для Г^d-Г^a класів бонітету.

Для умов С₂-С₃ характерними є вищі значення середнього діаметра для деревостанів II експозиційно-орографічної групи. При цьому потрібно зауважити, що до 35-річного віку спостерігається вища інтенсивність росту за діаметрами для деревостанів I експозиційно-орографічної групи. Спільним для обох груп є зменшення значення середнього діаметра зі збільшенням відносної повноти деревостану. Для деревостанів I групи, починаючи з 70-річного віку, характерним є збільшення диференціації середніх значень діаметра зі зміною відносної повноти деревостану.

Коефіцієнти рівняння (1) моделей росту за діаметром букових деревостанів I класу бонітету, які належать до типу лісорослинних умов D₂-D₃, залежно від повноти та віку наведено у табл. 6.

Таблиця 6

Коефіцієнти функції (1) моделей росту за діаметром букових деревостанів в умовах D₂-D₃, залежно від повноти та віку

Коефіцієнти рівняння	Класи бонітету					
	I ^b	I ^a	I	II	III	IV
I експозиційно-орографічна група						
a ₀	4,162	-4,700	-3,876	-3,477	-3,254	-2,153
a ₁	-0,127	0,847	6,987	1158,458	11,250	-0,933
a ₂	0,550	0,801	0,588	0,660	0,500	0,404
a ₃	11,317	-2,566	-8,146	-3,012	-4,984	4219,474
a ₄	-0,004	-0,004	-0,004	-0,005	-0,004	-0,005
R ²	0,98	0,99	0,99	0,99	0,97	0,90
II експозиційно-орографічна група						
a ₀	–	-5,398	-3,781	-3,313	-2,990	-2,318
a ₁	–	0,498	5,274	1030,131	13,914	-0,946
a ₂	–	0,759	0,540	0,548	0,555	0,408
a ₃	–	-2,795	-15,462	-4,847	-2,670	4219,474
a ₄	–	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,005
R ²	–	0,99	0,99	0,99	0,97	0,90

В усіх експозиційно-орографічних груп характерним є наявність деревостанів практично усіх класів бонітету за винятком V, а для деревостанів II групи – I^b. Відповідно, з метою моделювання росту за діаметром ми здійснили моделювання та визначили коефіцієнти рівняння для деревостанів усіх класів бонітету, кількість яких була достатньою для здійснення процесу моделювання. Коефіцієнти детермінації характеризують отримані моделі як адекватні.

Особливістю росту за діаметром для букових деревостанів I і II експозиційно-орографічних груп умов D₂-D₃ є значно нижча диференціація середніх значень зі зміною відносної повноти деревостану, порівняно із деревостанами умов C₂-C₃. Для деревостанів I групи така диференціація дещо вища. Деревостани I групи відзначаються більш активним ростом за діаметром після віку 40-50 років, порівняно із деревостанами II групи.

Висновки. Ріст у висоту та за діаметром для груп типів лісорослинних умов C₂-C₃ та D₂-D₃ в межах однакових класів бонітету мають спільну тенденцію переваги досліджуваних показників для деревостанів I експозиційно-

орографічної групи, порівняно з групою II. Крім цього, для деревостанів обох експозиційно-орографічних груп в умовах D₂-D₃ відзначено нижчу диференціацію значень досліджуваних показників, порівняно із деревостанами умов C₂-C₃.

Отримані моделі росту у висоту та за діаметром адекватно описують динаміку досліджуваних таксаційних показників із врахуванням відносної повноти деревостану. Результати моделювання доцільно використати для складання нормативно-довідкових матеріалів таксації букових деревостанів із врахуванням особливостей рельєфу місцевості, а також динаміки частки у складі таких деревостанів панівної породи – бука лісового [2, 4].

Список використаних джерел

1. Гриник Г.Г. Лісівничо-таксаційна характеристика букових деревостанів Українських Карпат з урахуванням особливостей рельєфу / Г.Г. Гриник // Наук. вісник Нац. лісотех. ун-ту України : зб. наук.-техн. праць. – 2011. – Вип. 21.11. – С. 71-82.

2. Гриник Г.Г. Лісівничо-таксаційні особливості та динаміка складу гірських букняків Українських Карпат / Г.Г. Гриник // Наук. вісник Нац. лісотех. ун-ту України : зб. наук.-техн. праць. – 2012. – Вип. 22.3. – С. 22-39.

3. Гриник Г.Г. Експозиційно-орографічні моделі оптимально-продуктивних місцеположень деревостанів бука лісового в Українських Карпатах / Г.Г. Гриник // Наук. вісник Нац. лісотех. ун-ту України: зб. наук.-техн. праць. – 2012. – Вип. 22.8. – С. 8-13.

4. Гриник Г.Г. Порівняльна характеристика експозиційно-орографічних моделей оптимально-продуктивних місцеположень ялинових, букових і ялицевих деревостанів в Українських Карпатах / Г.Г. Гриник // Наук. вісник Нац. лісотех. ун-ту України: зб. наук.-техн. праць. – 2012. – Вип. 22.11. – С. 14-21.

Г.Г. Гриник

МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА БУКОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ УКРАИНСКИХ КАРПАТ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЛЬЕФА

По результатам анализа выделенных в пределах конкретных типов лесорастительных условий экспозиционно-орографических групп определены площади древостоев различных классов бонитета и рассчитаны средние значения классов бонитета для экспозиционно-орографических групп. Осуществлены моделирование средних высоты и диаметра древостоев бука лесного в Украинских Карпатах. Моделирование осуществляли для соответствующих экспозиционно-орографических групп древостоев в пределах типов лесорастительных условий C_2 - C_3 и D_2 - D_3 . Определены коэффициенты предложенной функции и ее адекватность опытным данным. Осуществлен сравнительный анализ полученных результатов для различных экспозиционно-орографических групп древостоев.

Ключевые слова: бук лесной, моделирование таксационных показателей, горные древостои

Н.Н. Нрунык

MODELING GROWING PROCESS OF BEECH FOREST STAND IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS ACCORDING TO RELIEF FEATURES

As a result of analysis of groups the areas of forest stand selected within the limits of concrete types site conditions of exposition-oro-graphyc of different classes of bonitet are certain. The mean values of classes of bonitet are calculated for exposition-oro-graphyc groups. The average height and diameter of trees in beech forest stand in Ukrainian Carpathians are calculated. Modeling for the proper exposition-oro-graphyc groups within the limits of types site conditions C_2 - C_3 and D_2 - D_3 have been developed. The coefficients of the offered function and its adequacy to experimental information estimated. The comparative analysis of the results is carried out for different exposition-oro-graphyc groups.

Key words: beech, modeling of taxation indexes, mountain forests stands