

Для достатньої верифікації відомостей та даних отриманих з використання фото пасток необхідне чітке методологічне забезпечення, яке обов'язково має включати навчання персоналу, що обслуговуватиме такі прилади.

Використання фото пасток не є альтернативою маршрутним облікам та іншим традиційним формам контролю за чисельністю рідкісних видів із високим природоохоронним статусом.

Застосування новітніх засобів фіксації інформації про фауну є необхідним, розробка їх методологічної складової має забезпечуватись науковими установами, відділами природоохоронних установ.

Застосування фотопасток на території НПП «Зачарований край» не дивлячись на першу спробу, дало позитивний результат і має впроваджуватись якомога більше з огляду на розширення його території.

УДК 603.5(477.87)

**МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЕРЕВОСТАНІВ
ДУБА СКЕЛЬНОГО В УМОВАХ
ДП «ДОВЖАНСЬКЕ ЛІСОМИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО»
*MODELING MENSURATIONAL INDICATORS DYNAMICS OF OAK STANDS IN
CONDITIONS OF THE STATE ENTERPRISE "DOVHE FOREST GAME
MANAGEMENT"***

Роман В. І., Бокоч В. В.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», кафедра лісівництва, м.

Ужгород, e-mail: vibokoch@gmail.com

Здійснено моделювання динаміки таксаційних показників деревостанів дуба скельного з використанням статистичного пакету аналізу даних Statistica та повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроєкт».

Ключові слова: динаміка, моделювання, клас бонітету, висота, діаметр.

Прогнозування стану лісів і лісового господарства на майбутнє є досить складною проблемою, враховуючи її нечіткий характер і значні невизначеності економічного, соціального та екологічного передбачення в умовах світу, що змінюється. Моделювання

майбутнього стану та функціонування лісів вимагає відповідної комбінації інформації, використання моделей різних типів і історично акумульованих знань.

Теоретичні та методичні дослідження динаміки лісових екосистем виконуються на засадах системного підходу. Одним із значних досягнень в моделюванні процесів росту лісу стало визнання науковцями сутності й перспективності застосування в статистичній теорії росту деревостанів стохастичних процесів та імітаційного моделювання.

Насадження дуба скельного (*Quercus petraea* L.) у ДП “Довжанське лісомисливське господарство” (далі ЛМГ) друге місце за площею - 1981 га, що становить 7,4%. Переважають деревостани I класу бонітету, що зростають переважно у свіжих і вологих букових дібровах. Для моделювання було відібрано 360 виділів з бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісів» (ПТХЛ) ВО «Укрдержліспроект». Моделювання динаміки таксаційних показників (середньої висоти і діаметра) та оцінку достовірності моделей проводили із застосуванням статистичного пакету аналізу даних *Statistica* [11].

Первинними таксаційними показниками моделювання таблиць ходу росту деревостанів є середня висота (H) та діаметр (D), сума площ поперечних перерізів (G), видова висота (HF). Інші таксаційні показники обчислюються за загальноприйнятою методикою [1].

Деякі дослідники вважають, що моделювання динаміки таксаційних показників деревостану слід починати з верхньої висоти (найбільших за рангом дерев) [2]. Однак у виробничій діяльності лісогосподарських підприємств верхня висота практично не застосовується. А під час розробки нормативно-довідкових даних найчастіше користуються середньою висотою. Середня висота деревостану є одним з основних таксаційних параметрів, у тісній залежності з яким знаходяться майже всі інші таксаційні показники (середній діаметр, сума площ поперечних перерізів, запас) [4].

Під час побудови бонітетної шкали насамперед необхідно обґрунтувати базовий вік, який буде використовуватися для розрахунків. За базовий вік науковці (А. З. Швиденко та ін. [8]) приймають вік, за якого стабілізується ріст дерева у висоту. Разом з тим, В. Ф. Багінський [2] за базовий вік пропонує обирати останній рік класу пристиглих насаджень чи середину класу стиглих. Враховуючи, що рубки головного користування у дубових лісах розпочинають з 71-80 років [3], а також біоекологічні властивості дуба скельного, за базовий вік прийнято 70 років.

Для моделювання таксаційних параметрів деревостанів необхідно створити базу даних (БД) в середовищі *Statistica*. БД повинна містити повну інформацію про

досліджуваний об'єкт. Для формування необхідного запиту використано програму «Лісовпорядник» [12] (рис. 1).

№ п/п	Лісництво	Квартал	Вид	Головн	Клас	Сумарн	Тип лі	Вірус	ПЕР	Дерева	Вк (р)	Висота (м)	Діаметр (см)	Сумарн	Площа виді
1	БІЛКІВ 3	2	ДУБ СК 2	0,23	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 34	12	14	0,7	1,8					
2	БІЛКІВ 3	3	ДУБ СК 2	1,11	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 33	12	14	0,7	8,5					
3	БІЛКІВ 5	26	ДУБ СК 3	0,08	СЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 30	9	16	0,4	2,6					
4	БІЛКІВ 5	27	ДУБ СК 1Б	0,48	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 45	22	20	0,7	1,7					
5	БІЛКІВ 5	29	ДУБ СК 1	0,36	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 50	19	22	0,7	1,5					
6	БІЛКІВ 12	16	ДУБ СК 3	0,1	СЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 80	18	22	0,4	0,7					
7	ВЕЛИК 3	16	ДУБ СК 1А	0,36	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 55	22	26	0,7	1,5					
8	ВЕЛИК 8	5	ДУБ СК 1	3,75	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 60	21	24	0,7	15					
9	ВЕЛИК 8	10	ДУБ СК 1	0,53	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 95	29	26	0,65	1,5					
10	ВЕЛИК 8	12	ДУБ СК 1	0,15	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 105	28	36	0,6	0,5					
11	ВЕЛИК 8	27	ДУБ СК 1А	1,86	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 55	22,6	22	0,75	6,2					
12	ВЕЛИК 8	30	ДУБ СК 1	1,43	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 55	21	22	0,75	6,2					
13	ВЕЛИК 8	31	ДУБ СК 1	0,2	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 95	29	36	0,6	0,6					
14	ВЕЛИК 8	32	ДУБ СК 1	0,95	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 105	29	36	0,65	2,5					
15	ВЕЛИК 8	41	ДУБ СК 1	3,12	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 105	29	40	0,7	8					
16	ВЕЛИК 9	21	ДУБ СК 1	0,14	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 45	18	20	0,7	0,8					
17	ВЕЛИК 11	11	ДУБ СК 1	0,51	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 50	20	22	0,75	1,9					
18	ВЕЛИК 11	17	ДУБ СК 1	0,54	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 50	20	22	0,75	2					
19	ВЕЛИК 11	31	ДУБ СК 1	6,48	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 50	20	22	0,75	24					
20	ВЕЛИК 11	35	ДУБ СК 1	3,92	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 50	20	22	0,75	14,5					
21	ВЕЛИК 11	36	ДУБ СК 1	2,76	ДЗБ	ПЕРШИЙ ЯФ ДУБ СКЕ 52	19	20	0,8	11,5					

Рис. 1. Фрагмент БД «ПТХЛ» деревостанів дуба скельного ДП «Довжанське ЛМГ»

При виборі моделі динаміки ходу росту середньої висоти можуть використовуватись як вже існуючі, так і самостійно розроблені. Для опису рівняння регресії необхідно знати закон розподілу результативної ознаки. В статистичній практиці отримати таку інформацію не вдається, тому обмежуються пошуком адекватних апроксимацій для функцій, що базуються на вихідних статистичних даних [7].

Як вихідні дані для побудови динамічної бонітетної шкали використано середні висоти за класами бонітету із таблиць ходу росту деревостанів дуба скельного [5, с. 208]. Для зручності моделювання і зменшення мінливості досліджуваного показника було здійснено перехід від середніх до відносних висот за формулою (1):

$$h_a^{відн} = \frac{h_a}{h_{70}^{баз}}, \quad (1)$$

де $h_a^{відн}$ - відносне значення висоти у віці a років;

h_a - середня висота у віці a років, м;

$h_{70}^{баз}$ - середня висота у базовому віці 70 років, м.

Середня висота у базовому віці 70 років для переважаючих I^a, I і II класів бонітету деревостанів дуба скельного відповідно становить 27,1, 23,5 і 20,5 м [5]. За формулою (1)

для кожного класу бонітету (I^a-II) розрахували відносні висоти з подальшим нанесенням на графік для унаочнення одержаних результатів (рис. 2). Очевидно, що криві всіх класів бонітету у 70-річному віці перетинаються в одній точці, де їх відносна висота дорівнює 1.

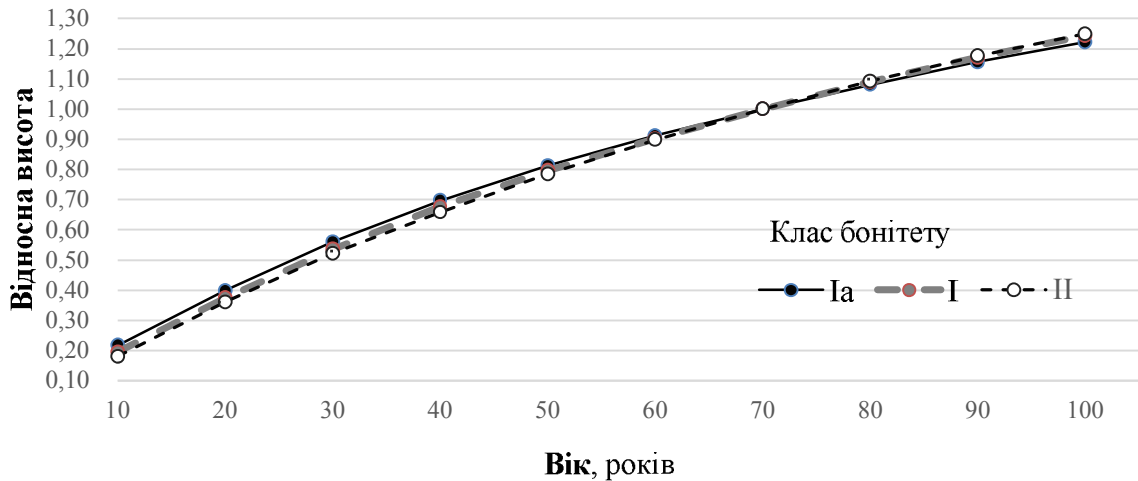


Рис. 2. Відносні висоти I^a-II класів бонітету за таблицями ходу росту [5]

За даними пвидільної бази ВО “Укрдержліспроєкт” I клас бонітету є переважаючим для насаджень дуба скельного (61 % від загальної площі), тому за основу моделювання прийнято відносні висоти цього класу. Використовуючи ростову функцію Берталанфі [9], отримано математичну модель для середніх висот деревостанів дуба скельного I класу бонітету:

$$H_I = 30,95 \cdot (1 - \exp(-0,02931 \cdot A))^{1,5726}, \quad (2)$$

де H_I - середня висота I класу бонітету, м;

A - вік насадження, років.

Фрагмент одержаних у середовищі *Statistica 10* коефіцієнтів регресії для моделі середньої висоти зображено на рис. 3.

Оценка	a0	a1	a2
	30,94627	0,029308	1,572644

Рис. 3. Значення коефіцієнтів моделі середньої висоти

Використавши дану ростову функцію (2) можна описати накопичене значення таксаційного показника як функції віку в межах класу бонітету. Коефіцієнти в даному рівнянні мають біологічну роль: a_1 - відображає максимальне значення ростової функції, тобто характеризує рівень використаного потенціалу умов місцезростання; a_2 темп зростання насадження і пропорційно до віку кульмінацію зростання [6]. Для знаходження функціональної залежності зміни коефіцієнтів залежно від класу бонітету необхідно виконати апроксимацію одержаних значень коефіцієнтів.

Апроксимацію коефіцієнтів рівняння (2) для насаджень дуба скельного ДП "Довжанське ЛМГ" в рамках даного дослідження було реалізовано за допомогою статистичного програмного забезпечення *StatSoft Statistica 10* [11]. У програмі також отримано графічну інтерпретацію залишків моделі середньої висоти (H) (рис. 4).

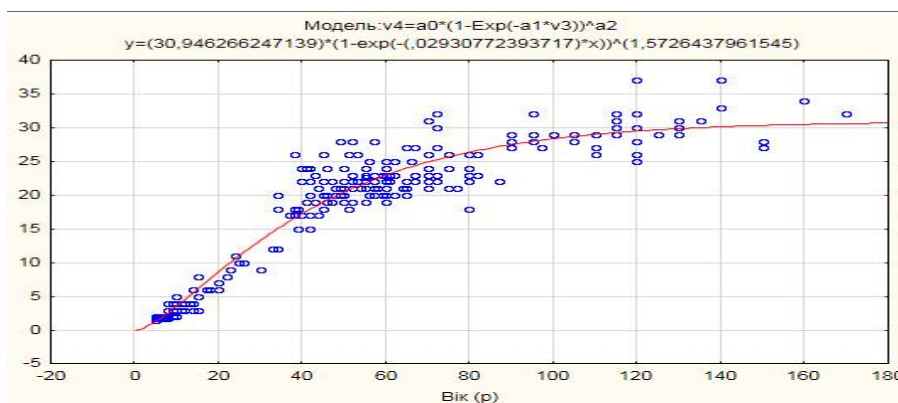


Рис. 4. Реалізація модельного підходу за допомогою статистичного програмного забезпечення *StatSoft Statistica 10*

Наступним показником, що підлягає моделюванню, є середній діаметр (D). Перед моделюванням середнього діаметра деревостану проведено перевірку його зв'язку з іншими таксаційними показниками за допомогою кореляційного аналізу. Обчислені значення дозволили встановити тісний кореляційний зв'язок середнього діаметра зі середньою висотою (H) і віком (A). Як показали дослідження, у насадженнях не встановлено істотного впливу відносної повноти на величину середнього діаметра. На основі алометричної функції (3), яка має достатню гнучкість, розробили математичну модель середнього з високим коефіцієнтом детермінації ($R^2=0,91$). У результаті розрахунків отримуємо коефіцієнти моделі.

$$D = 0,553 \cdot A^{0,517} \cdot H^{0,539}, \quad (3)$$

Дана модель придатна для моделювання середнього діаметра будь-якого класу бонітету, оскільки аргументом у ній виступає середня висота. Аналізуючи дисперсію залишків отриманого рівняння, можна зробити висновок щодо дотримання умови

нормальності їх розподілу, тобто варіація середнього діаметра деревостану не залежить від рівня неврахованих факторів. Це означає, що отримана модель адекватна вихідним даним.

Отже, для кращого розуміння регіональних особливостей динаміки лісових насаджень та прогнозування їх продуктивності важливо широко застосовувати апробовані і міжнародно визнані підходи, доповнюючи моделі зростання високопродуктивних насаджень [6, 10]. Наукові дослідження динаміки лісових екосистем створюють передумови для прогнозування росту і продуктивності лісів в умовах зміни клімату та повинні активно використовуватися в практиці ведення лісового господарства.

Список використаної літератури

1. Анучин Н. П. Лесная таксация [5-е изд., доп.]. - М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 550 с.
2. Багинський В. Ф. Повышение продуктивности лесов. - Минск, 1996. - 367 с.
3. Гром М. М. Лісовпорядкування : навчальний посібник. - Львів, 2013. 264 с.
4. Лакида П. І., Блищик В. І., Блищик І. В. Первинна продукція клейковільхових лісів Українського Полісся : монографія. Корсунь-Шевченківський, 2017. 245 с.
5. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии / под. ред. Швиденко А. З. 1987.
6. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород северной Евразии / А. З. Швиденко, Д. Г. Щепашенко, С. Нильссон, Ю. И. Булуй. – М., 2008. – 886 с.
7. Терентьев А. Ю., Володимиренко В. М., Бала О. П. Методичні вказівки моделювання динаміки таксаційних показників з використанням статистичного пакету аналізу даних STATISTICA. - К., 2011. - 18 с.
8. Швиденко А. З. О моделировании нормативов динамики производительности горных древостоев / Лесной журнал. 1981. - № 3. - С. 40-42.
9. De Graaf G. Fitting growth with the von Bertalanffy growth function: a comparison of three approaches of multivariate analysis of fish growth in aquaculture experiments / G. De Graaf, M. Prein. // Aquaculture Research. – 2005. – No 36. – P. 100–109.
10. Lakyda I. P., Vasylyshyn R. D. Methodological background for development of a system of growth and productivity models for stands of the main forest-forming tree species of Ukraine / Лісівництво і агролісомеліорація. Харків, 2016. Вип. 129. С. 3-9.

11. Nonlinear Estimation Analysis – Available from: http://documentation.statsoft.com/STATISTICAHelp.aspx?path=NonlinearEstimation/Indices/NonlinearEstimationAnalysis_HIndex.

12. Lisovporyadnyk. – Available from : <http://www.lisovporyadnyk.org.ua/>
УДК 630*5(477.87)

**ДИНАМІКА ПРОДУКТИВНОСТІ НАСАДЖЕНЬ ДП «ДОВЖАНСЬКЕ
ЛІСОМИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО»**

***DYNAMIC OF STANDS PRODUCTIVITY SE "DOVHE FOREST GAME
MANAGEMENT"***

Роман В. І., Мигаль А.В.

ДВНЗ “Ужгородський національний університет”, кафедра лісівництва, м. Ужгород, e-mail: vas.roman.vr@gmail.com

У роботі здійснено аналіз динаміки: площі і запасу вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок ДП «Довжанське лісомисливське господарство» (за даними 1998-2010 рр.), відсотка участі групи порід у загальному розподілі запасів деревостанів, відсотка запасу головних лісотвірних порід, вікового розподілу площ і запасів деревостанів, середнього запасу та середнього класу бонітету переважаючих порід на досліджуваній території.

Ключові слова: продуктивність, запас, динаміка, бонітет, ДП «Довжанське ЛМГ».

Постановка проблеми. На сучасному етапі екологічної кризи, а також проблемами ресурсного забезпечення людства, постає важливе питання щодо раціонального використання відновлюваних природних ресурсів. Використання біомаси у різних галузях народного господарства та промисловості займає провідне місце серед інших.

Найбільшими доступними для нас запасами біомаси володіють лісові екосистеми. Тому, збільшення продуктивності є першочерговим завданням, яке стоїть перед людиною. Крім того, продуктивність лісів є важливим показником, який відображає умови зростання лісу та ряду корисних функцій які він виконує.

У лісівничій літературі й на практиці часто вживається термін: продуктивність лісових насаджень. До недавнього часу термін відносили лише до деревини, а тепер він стосується й інших продуктів лісу та його екологічного впливу на довкілля. В «Лесной энциклопедии» (1980) [5] дається таке тлумачення продуктивності насаджень: це запас