

УДК 630*547:630*641

Ю.Й. КАГАНЯК¹

АДАПТАЦІЯ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУ ПРОДУКТИВНОСТІ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ДО УМОВ ІНТЕНСИВНОГО ВЕДЕННЯ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

Узагальнено теорію моделювання продуктивності деревостанів та прогнозу їх основних таксаційних показників. На прикладі лісових культур сосни на Поліссі запропоновано систему математичних моделей, які відображають закономірності динаміки таксаційних показників деревостанів у об'єктах із різним режимом ведення лісового господарства. Розроблено таблиці продуктивності соснових деревостанів в оптимальному та субоптимальному станах. Запропонований алгоритм прогнозування запасу деревостану доповнюється новими параметрами, зокрема, величиною вибірки, методом рубок догляду та черговістю їх проведення. Система прогнозу продуктивності сосни в лісових культурах на Поліссі дає змогу шляхом імітаційного моделювання програм зрідження вибирати прийнятний варіант, який можна використовувати для оцінювання ресурсного потенціалу таксаційних виділів, віднесених до різних категорій захисності лісів.

Ключові слова: продуктивність, деревостан, нормативи, метод, модель, система, сосна, показник.

Вступ. Прогноз таксаційних показників насаджень є об'єктивною основою раціонального планування програми лісгосподарських заходів та вибору оптимального рішення, загального передбачення перебігу нагромадження запасу окремими деревостанами і їх сукупностями, визначення лісовпорядкуванням обсягу використання лісових ресурсів, оцінювання впливу різних чинників на формування деревостанів тощо.

Деякі автори інтенсифікацію ведення лісового господарства вважають підставою для детальнішого вивчення зв'язків між елементами біогеоценозу та впливом різних заходів на стабільність і продуктивність лісових екосистем [2], які своєю чергою вимагають адаптації чинної системи прогнозу продуктивності.

Від правильного вибору факторів системи прогнозу продуктивності значною мірою залежить успішність і адекватність ведення господарської діяльності в різних категоріях лісу. Зокрема, йдеться про збільшення бонітету, покращання товарно-сортиментної структури деревостаном, підвищення їх ландшафтно-рекреаційної цінності тощо. Або, навпаки, каталізації негативних процесів (дисфункції, дегенерації, деградації) на території лісових ландшафтів.

Сучасний стан прогнозу продуктивності деревостанів. Проблему моделювання таксаційних показників для прогнозу змін у насадженні досліджували Г. Венк, І.І. Грігалюнас, В.В. Кузмічев, Т.Н. Міндєєва, Г.Б. Кофман, І.Я. Лієпа, Я.К. Матузаніс, С.А. Диренков, М.М. Свалов, А.А. Строчинський та інші. Зазвичай, прогноз ґрунтувався на оцінюванні відсотка поточного приросту або дослідженнях зміни величини основних таксаційних показників у динаміці.

Прогноз поточного приросту і складання таблиць ходу росту реалізував Г. Венк аналітичним оцінюванням залежності між віком деревостану та відсотком поточного приросту [10-12].

Грігалюнас І.І. розробив математичну модель, яка апроксимує таблиці відсотка поточного приросту, складені В.В. Антанайтісом [1], входами до якої є деревна порода, середній вік, бонітет та відносна повнота.

Лієпа І.Я. [6] запропонував алгоритм прогнозу запасу деревостану, який передбачає моделювання відсотка поточного приросту за запасом, поточних приростів за запасом, середніх висоти і діаметра.

В Україні А.А. Строчинським [8] через відсоток поточного приросту опрацьовано прогностичні моделі для актуалізації середньої висоти, запасу та відносної повноти.

Вчені дійшли висновку, що однією універсальною функцією важко описати індивідуальні особливості насаджень (санітарний стан, режими догляду). Такі функції росту придатні для передбачення загальної картини динаміки запасу. Низька точність функцій росту в сфері прогнозу не дає змоги їх використовувати для розроблення науково обґрунтованих планів раціонального використання лісових ресурсів. Прогноз запасу має ґрунтуватися на одному або декількох показниках, які б сукупно характеризували інтенсивність перебігу фізіологічних процесів, що забезпечують підвищення запасу.

Загалом методика прогнозу запасу повинна враховувати: точність результату $\pm 10-15\%$; швидкість і об'єктивність вимірювання вхідних величин; біологічні властивості деревної породи та умови росту; адекватність і єдину методичну основу моделей

¹ КАГАНЯК Юліан Йосипович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний лісотехнічний університет України. м. Львів, Україна. Тел.: +38-067-587-42-66. E-mail: kaganiak@yahoo.ca

прогнозу запасу; визначення довірчих інтервалів прогнозу запасу та тривалості періоду ретроспекції; забезпечення прогнозу на 10-20 років та тривалості періоду ретроспекції не більше 10 років; одноразовість збору інформації перед прогнозом.

На цей час прогнози продуктивності диференціюються на довгострокові і короткотермінові. Мойсєєв М.О. [7] пов'язував потребу в довгострокових прогнозах у лісовій галузі з тривалим періодом лісовирощування. В їхню основу покладено моделі (функції) росту, які охоплюють весь онтогенез деревостану.

Довгостроковий прогноз лісотаксаційних показників дає змогу виявити лише загальні тенденції у природокористуванні та зміни стану лісів з врахуванням екологічних чинників (грунтово-кліматичних). Його реалізують методом варіантного моделювання динаміки насаджень за заданими сценаріями. На погляд А.З. Швиденка та А.А. Строчинського [9], такі прогнози є приблизними, оскільки ґрунтуються на сьогоdnішньому розумінні стану лісів та оптимальності управління ними, адекватності інформації про компоненти та зв'язки біосистеми, її реакції на зовнішні чинники.

У процесі ведення лісового господарства, під час складання планів організації та розвитку підприємства необхідною є інформація про зміни в об'єкті за короткий період.

Короткотермінові прогнози використовують у практиці лісовпорядкування з метою актуалізації таксаційних показників окремо взятого деревостану, імітації впливу на структуру лісу господарських заходів. Моделюючи зміни у межах коротких проміжків часу враховують, крім лісорослинних умов, мінливість величини таксаційних показників деревостану, на які, своєю чергою, впливають метод рубок догляду та спосіб рубок головного користування.

На погляд А.А. Строчинського, такі прогностичні моделі сприяють покращанню нормативно-інформаційного забезпечення системи комплексного обліку лісів.

Об'єкт, методика та алгоритм дослідження. Об'єктом дослідження вибрано соснові деревостани Полісся. Таксаційні виділи із перевагою сосни віднесені до різних категорій лісу та категорій захисності. Відповідно, режими ведення лісового господарства та якісний стан деревостанів характеризуються певною дисперсією.

Автор у попередніх дослідженнях отримав моделі динаміки основних таксаційних показників для сосни за лісорослинними умовами та класами бонітету, які відображають оптимальний стан деревостанів [3-5]. Розроблені на їх основі нормативи продуктивності деревостанів відображають потенційно можливе нагромадження запасу в господарствах із низькою інтенсивністю користування деревиною.

Проблема прогнозу запасу з урахуванням програми зрідження вирішується поділом деревостану на компоненти: залишену частину, вибрану частину та ймовірний відпад.

У насадженнях субоптимального стану (регулярно зріджуваних) необхідно встановити співвідно-

шення між частиною, що вибирається, та відпадом залежно від величини відносної повноти деревостану. До того ж, внаслідок активізації фізіологічних процесів отримуємо додатковий приріст.

Моделювання змін у соснових деревостанах під впливом рубок догляду або ландшафтних рубок розділено на дві частини. У першій частині надається інформація про динаміку таксаційних показників соснового деревостану в оптимальному стані у конкретних лісорослинних умовах. У другій частині відомий на момент часу стан деревостану коригується програмою зрідження. Очікуваним результатом є трансформація таксаційних показників сосни з оптимальної в субоптимальну величину.

Прогнозування продуктивності соснових деревостанів розпочинаємо оцінюванням зміни середньої висоти. Вихідною є інформація про величину цього показника після рубки та метод рубки. Прогноз середньої висоти здійснюють за формулою (1). Відсоток поточного приросту розраховуємо за формулою (2). Коефіцієнт корекції відсотка поточного приросту (∂P_H) розраховуємо за формулою (3), а параметри μ , η , ε – за формулами (4) – (6).

$$H_{A+1} = \frac{H_A}{1 - 0,01 \cdot (P_H + \partial P_H)} \quad (1)$$

$$P_H = \left(1 - \left(\frac{A_i^{2,63641 - 0,24637 \cdot \ln(A_i)}}{A_{i+1}^{2,63641 - 0,24637 \cdot \ln(A_{i+1})}} \right)^{1,00158} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

$$\partial P_H = \mu \cdot \Delta^{\eta + \varepsilon \cdot \Delta} \quad (3)$$

$$\mu = \left(4,65 + 47,761 \cdot A^{-0,0177 \cdot A} \right) \cdot (1 - MP) \quad (4)$$

$$\eta = 0,237 \cdot \exp\left(\frac{3,157}{A}\right) + \left(31,74 - 32,049 \cdot \exp\left(\frac{0,141}{A}\right) \right) \cdot MP \quad (5)$$

$$\varepsilon = \left(-2,49 - 1,922 \cdot \eta \right) \cdot \exp\left(\frac{-2,84}{A} - 0,117 \cdot A\right) - 0,407 \cdot \eta - 0,07 \quad (6)$$

дт Δ – період прогнозу (1, 2, ... років); $MP = H_{до} \cdot H_n^{-1}$ – коригувальний коефіцієнт, який описує метод рубки; $H_{до}$, H_n – середня висота соснового деревостану до або після зрідження, м.

Оцінку реакції середньої висоти на зрідження отримано аналітично через теоретичні розподіли кількості дерев за діаметром та висотою в динаміці внаслідок імітації вибірки з різним режимом рубок догляду. Вони вказують на значні перепади величини середньої висоти деревостану після зрідження. Аналіз матеріалів спостережень показав, що середню висоту доцільно коректувати на основі моделі (7), яку прийнято за основу.

$$H_n = H_{до} \pm (-0,08 - 0,0023 \cdot B + (0,06 + 0,0016 \cdot B) \cdot \ln(A)) \quad (7)$$

Алгоритм прогнозу запасу частини соснового деревостану, що залишена, об'єднує чотири ітерації.

1. У віці A задаємо запас деревостану M_A перед прогнозом, відносну повноту P_A та програму зрідження. Бонітет розраховуємо за формулою (8).

$$B = N \cdot \left(\frac{A_B^{2,63641-0,24637 \cdot \ln(A_B)}}{A_i^{2,63641-0,24637 \cdot \ln(A_i)}} \right)^{1,00158}, \quad (8)$$

2. Виразуємо відсоток поточного приросту P_M через середню висоту і бонітет за формулою (9).

$$P_M = \left(1 - \frac{(1,82 + 0,012 \cdot B_A) \cdot H_A^{3-0,9225 \ln H_A + 0,2536 \ln H_A^2 - 0,0277 \ln H_A^3}}{(1,82 + 0,012 \cdot B_{A+1}) \cdot H_{A+1}^{3-0,9225 \ln H_{A+1} + 0,2536 \ln H_{A+1}^2 - 0,0277 \ln H_{A+1}^3}} \right) \cdot 100, \quad (9)$$

3. Зміна бонітету після зрідження одним із методів рубки спричиняє різну початкову відносну повноту Π_A . На її основі вираховано відсоток додаткового приросту для віку A за відкоректованою для сосни формулою $\partial P_M = K_1 \cdot K_2 \cdot A \cdot A$. Строчинського [8]. У результаті отримано формулу (10). Для $0 < A < 10$ формула має вигляд (11).

$$\partial P_M = (1 - \Pi) \cdot \left(-0,7087 + \frac{94,31}{A} - \frac{1548,62}{A^2} + \frac{7079,82}{A^3} \right) \cdot (9,806 - 8,5503 \cdot \Pi^{4,07}), \quad (10)$$

$$\partial P_M = (1 - \Pi) \cdot (0,3611 - 0,3239 \cdot \Pi + 0,7513 \cdot \Pi^2 - 0,7463 \cdot \Pi^3) \cdot A, \quad (11)$$

4. Прогнозуємо запас M_{A+n} на $A+n$ років за формулою (12) з врахуванням пунктів 1-3.

$$M_{A+n} = \frac{M_A}{1 - 0,01 \cdot (P_M + \partial P_M)}, \quad (12)$$

Після прогнозу запасу, вираховуємо середній діаметр частини соснових деревостанів, що залишена, за формулою (13).

$$D_n^{A+n} = \frac{D_{до}^A}{1 \pm 0,01 \cdot P_D}, \quad (13)$$

де $D_{до}$, (D_n) – середній діаметр деревостану до (після) проведення рубки догляду, см; P_D – відсоток поточного приросту за діаметром, %.

У формулі (13) зі знаком “-” здійснюємо розрахунок для зрідження деревостану низовим методом, а “+” – верховим методом.

Відсоток поточного приросту за діаметром, для верхового методу описано рівнянням (14), а для низового – (15).

$$P_D = 0,0554 \cdot A^{-0,151} \cdot \Pi_{до}^{4,56658 \cdot A^{-0,9477}} \cdot \Delta \Pi^{1,04 - 0,5914 \cdot A^{-0,9477}}, \quad (14)$$

$$P_D = 0,0365 \cdot A^{-0,0308} \cdot \Pi_{до}^{0,2391 \cdot A^{0,2756}} \cdot \Delta \Pi^{0,94 - 0,0357 \cdot A^{0,2756}}, \quad (15)$$

де $\Delta \Pi$ – це вибірка, яка виражена у відносних величинах і є різницею між відносними повнотами деревостану до ($\Pi_{до}$) та після (Π_n) зрідження.

Розрахунок кількості дерев після зрідження описують за допомогою формули (16). Відсоток поточного приросту за кількістю дерев для низового методу зрідження описано рівнянням (17), а для верхового (18).

$$N_n = N_{до} \cdot (1 + 10 \cdot P_N)^{-1}, \quad (16)$$

$$P_N = 0,7715 \cdot A^{-0,0745} \cdot \Pi_{до}^{-0,4135 \cdot A^{-0,021}} \cdot \Delta \Pi^{1,21 + 0,3461 \cdot A^{-0,0745}}, \quad (17)$$

$$P_N = 0,1082 \cdot A^{0,0513} \cdot \Pi_{до}^{-2,9303 \cdot A^{-0,0927}} \cdot \Delta \Pi^{2,23 - 0,5783 \cdot A^{0,0513}}, \quad (18)$$

де P_N – відсоток поточного приросту за кількістю дерев, %; $N_{до}$, N_n – густина до (після) зрідження, шт/га.

Моделювання абсолютної повноти регулярно зріджуваних соснових деревостанів до рубки здійснюємо підстановкою у формулу $G = M \cdot (H \cdot F)^{-1}$ необхідних показників.

Для комбінованого методу рубок середня висота вибірки приймається тотожною величиною показника частини деревостану, що залишена. В інших випадках величину середньої висоти частини соснового деревостану, що вибрана, потрібно коригувати, використовуючи модель (19).

$$H = 0,00007 - 0,0104 \cdot B + 0,8615 \cdot N, \quad (19)$$

Середній діаметр вибірки розраховують за формулою $\bar{D} = D \cdot K_D$ корегуванням його величини коефіцієнтом K_D . Перевідний коефіцієнт для зрідження низовим методом апроксимується моделлю (20), а для верхового – (21).

$$K_D = 0,7184 \cdot A^{0,0154} \cdot \text{EXP}(-0,0332 - 0,0004 \cdot A), \quad (20)$$

$$K_D = 0,6592 \cdot \text{EXP} \left(0,8401 + \frac{31,9229}{A^3} - 0,0205 \cdot \ln(A) \right), \quad (21)$$

У таблицях продуктивності середній діаметр вибірки коригується для усунення неузгодженості між таксаційними показниками за відомою у лісовій таксації формулою $D = 200 \cdot \sqrt{G \cdot (\pi \cdot N)^{-1}}$.

Автор встановив, що зниження відносної повноти зменшує поточну зміну запасу. Цю закономірність враховано під час прогнозу відпаду. Гіпотетично, зменшення запасу деревостану прямо пропорційне зменшенню мортмаси.

У регулярно зріджуваних деревостанах частина, що втрачається, складається з двох компонентів. Першим є вибірка, яка становить розмір використання деревини під час рубок догляду. Другим – ймовірний природний відпад, який характерний деревостанам в широкому діапазоні відносної повноти. Це доводиться наявністю сухоостою в перелікових відомостях. Залежно від вибраної програми зрідження, пропорція між цими компонентами може бути різною.

Розрізняємо три випадки можливої пропорції між відпадом та вибіркою.

1. Якщо $\Delta_A = m_{A-n}^A$, то маємо нормальне лісовикористання під час рубок догляду. Вибираємо лише особини, що припинили ріст за період $A-n$ років.

2. Якщо $\Delta_A < m_{A-n}^A$, то лісовикористання менше від норми. Реалізація програми зрідження призводить до часткової вибірки дерев зі сповільненим або припиненим ростом. Впродовж цього періоду часу ймовірна поява відпаду.

3. Якщо $\Delta_A > m_{A-n}^A$, то лісовикористання більше за норму. У цьому разі вирубується частина дерев, які за наступні $A+n$ років даватимуть приріст. Поява відпаду тут мало ймовірна або спричинена форс-мажорними обставинами. Нормальний обсяг рубок догляду описується 1-ю умовою. Виконання 3-ї умови означає, зазвичай, відсутність відпаду впродовж періоду $A+n$ років.

Результати дослідження. Запас соснового деревостану I^a бонітету, що вирубується, задано у вигляді динамічного ряду, який враховує черговість рубок догляду (5 років – 0,27 м³/га; 10 років – 2,5 м³/га; 15 років – 7 м³/га; 20 років – 12 м³/га; 30 років – 24 м³/га; 40 років – 35 м³/га; 55 років – 50 м³/га; 70 років – 62 м³/га).

Середню висоту частини соснового деревостану I^a бонітету, що залишена після зрідження, наведено в табл. 1.

Таблиця 1
Середня висота частини соснового деревостану I^a бонітету, що залишена після зрідження

Показник	Величина середньої висоти за класами віку, м							
	10	20	30	40	50	60	70	80
$H_{\text{баз}}$	3,9	9,7	14,9	19,2	22,7	25,6	28,0	30,0
H_{min}	3,8	9,6	14,8	19,1	22,7	25,6	28,0	30,0
H_{max}	4,0	10,0	15,4	19,8	23,5	26,5	29,0	31,0

Примітки. $H_{\text{баз}}$ – середня висота, яка вираховується за формулою (7); H_{min} , H_{max} – нижня (верхня) межа зміни середньої висоти після зрідження.

Прогноз величини середнього діаметра частини соснового деревостану, що залишена після зрідження залежно від повноти наведено в табл. 2.

Таблиця 2
Середній діаметр соснового деревостану I^a бонітету після рубки

Вік, років	Величина середнього діаметра за класами відносної повноти, см										
	до рубки	після рубки низовим методом					після рубки верховим методом				
		1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,9	0,8	0,7	0,6
10	3,9	4,1	4,3	4,5	4,6	4,8	3,8	3,6	3,5	3,4	3,3
20	10,4	10,9	11,4	11,8	12,3	12,7	10,1	9,7	9,4	9,1	8,9
30	16,4	17,2	17,9	18,6	19,3	20,0	15,9	15,4	14,9	14,5	14,1
40	21,5	22,5	23,4	24,4	25,3	26,2	20,9	20,2	19,7	19,1	18,6
50	25,7	27,0	28,1	29,2	30,3	31,4	25,0	24,3	23,6	23,0	22,3
60	29,2	30,7	31,9	33,1	34,4	35,7	28,4	27,6	26,9	26,2	25,5
70	32,1	33,7	35,1	36,4	37,8	39,2	31,3	30,4	29,6	28,8	28,1
80	34,5	36,3	37,7	39,2	40,6	42,1	33,6	32,7	31,9	31,1	30,3
90	36,5	38,4	39,9	41,4	42,9	44,5	35,6	34,6	33,8	32,9	32,1
100	38,1	40,1	41,7	43,3	44,9	46,5	37,2	36,2	35,3	34,4	33,6

Приклад прогнозу середньої висоти соснового деревостану наведено у табл. 3.

Таблиця 3
Прогноз середньої висоти соснового деревостану I^a бонітету

Вік, років	Середня висота деревостану, м			Вік, років	Середня висота деревостану, м		
	оптимальний	субоптимальний			оптимальний	субоптимальний	
		до рубки	після рубки			до рубки	після рубки
10	3,8	3,8	3,8	50	22,4	23,0	23,0
20	9,5	9,6	9,8	60	25,3	26,1	26,1
30	14,6	14,8	15,1	70	27,7	28,5	28,8
40	18,9	19,3	19,5	80	29,7	30,7	30,7

Динаміка запасу для соснового деревостану оптимального стану, з врахуванням зміни бонітету, наведено в табл. 4.

Таблиця 4
Динаміка запасу соснового деревостану I^a бонітету

Вік, років	Бонітет (базова висота, м)		Оптимальний запас, м ³ /га	
	до зрідження	після зрідження	до зрідження	після зрідження
10	32,4	33,2	38	40
20	32,9	33,5	159	164

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5
30	33,1	33,5	295	302
40	33,2	33,6	421	429
50	33,4	33,4	530	530
60	33,6	33,6	623	623
70	33,5	33,8	691	701
80	33,7	33,7	756	756

На основі проведених розрахунків отримано фрагмент прогнозу запасу частини соснового деревостану, що залишена, який наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Прогноз запасу соснового деревостану залежно від програми зрідження

Вік, років	Відносна повнота після зрідження	Додатковий приріст за запасом, %	Запас, м ³ /га	
			до зрідження	після зрідження
10	0,79	0,43	34	32
20	0,69	2,45	126	114
30	0,73	1,91	246	222
40	0,74	1,49	353	318
50	0,82	0,64	437	437
60	0,78	0,68	487	487
70	0,72	0,72	569	507
80	0,76	-	578	578

У табл. 6 наведено прогноз середнього діаметра соснового деревостану I^a бонітету.

Таблиця 6

Фрагмент прогнозу середнього діаметра соснового деревостану

Вік, років	Середній діаметр, см		Відсоток поточного приросту за діаметром, %	Вік, років	Середній діаметр, см		Відсоток поточного приросту за діаметром, %
	оптимальний стан	субоптимальний стан			оптимальний стан	субоптимальний стан	
10	3,9	4,1	13,0	50	25,7	27,9	1,3
20	10,4	11,3	5,0	60	29,2	32,6	0,9
30	16,4	17,9	2,8	70	32,1	37,0	0,7
40	21,5	23,8	1,8	80	34,5	39,4	-

Прогноз абсолютної повноти враховує зміну класу бонітету та середньої висоти, а його результати наведено у табл. 7.

Таблиця 7

Прогноз абсолютної повноти соснового деревостану I^a бонітету

Вік, років	Величина абсолютної повноти, м ² /га		
	Оптимальний стан	Субоптимальний стан	
		до зрідження	після зрідження
10	10,1	8,9	8,2
20	28,7	22,9	20,6
30	38,9	32,8	29,4
40	44,9	38,3	34,2
50	48,6	41,0	41,0
60	51,1	41,0	41,0
70	52,7	44,4	39,3
80	53,9	42,3	42,3

Результати розрахунків середньої висоти частини соснового деревостану, що вибрана, наведені в табл. 8.

Таблиця 8

Середні показники частини соснового деревостану I^a бонітету, що вибрана

Вік, років	Величина середньої величини деревостану	
	діаметра, см	висоти, м
5	-	0,7
10	2,8	3,0
15	5,6	5,5
20	8,5	8,1
30	13,3	12,6
40	17,7	16,5
55	23,0	21,0
70	27,9	24,4

Висновки. Оцінювання середніх показників деревостану та вибірки здійснено із врахуванням параметрів рубок догляду: методу, величини вибірки, повторності. Запропонована система моделей прогнозу таксаційних показників дає змогу точніше відобразити закономірні зміни в лісових насадженнях віднесених до різних категорії лісів, зокрема і там, де режим ведення лісового господарства пов'язаний із використанням та відтворенням недеревних лісових ресурсів та корисних властивостей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антанайтис В.В. Математические модели текущего прироста некоторых древственных пород / В.В. Антанайтис // Лесн. хоз-во. – 1971. – №2. – С. 49-51.
2. Буш К.К. Биогеоценотические основы использования лесных ресурсов / К.К. Буш, С.А. Дыренков // В кн.: Оптимизация использования и воспроизводства лесов СССР. – М.: Наука, 1977. – С. 18-32.
3. Каганяк Ю.Й. Прогноз потенційної продуктивності соснових та букових деревостанів / Ю.Й. Каганяк // Наук. вісник Нац. лісотех. ун-ту України: зб. наук.-техн. праць. – 2006. – Вип. 16.6. – С. 39-45.
4. Каганяк Ю.Й. Модифікація моделей нормальних запасів та абсолютних повнот для деревостанів сосни звичайної / Ю.Й. Каганяк // Наук. вісник Нац. лісотех. ун-ту України : зб. наук.-техн. праць. – 2005. – Вип. 15.4. – С. 49-54.
5. Каганяк Ю.Й. Короткотермінове прогнозування таксаційних показників соснового деревостану / Ю.Й. Каганяк // Наук. вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – 2005. – Вип. 15.2. – С. 29-35.
6. Лица И.Я. Динамика древственных запасов: прогнозирование и экология : моногр. / Лица И.Я. – Рига: Зинатне, 1980. – 172 с.
7. Моисеев Н.А. Основы прогнозирования использования и воспроизводства лесных ресурсов :

моногр. / Моисеев Н.А. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 223 с.

8. Строчинский А.А. Методическое и нормативно-информационное обеспечение системы регулирования продуктивности лесных насаждений на Украине : дис. д-ра. с.-х. наук в виде научн. докл. : 06.03.02 / Строчинский Анатолий Адольфович. – К., 1992. – 70 с.

9. Швиденко А. Прогноз стану українських лісів і лісокористування на наступне сторіччя / А. Швиденко, С. Нільсон, А. Строчинський // Наук. вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – 1995. – Вип. 3.1. – С. 9-15.

10. Wenk G. Eine neue Wachstumsgleichung und ihr praktischer Nutzen zur Herleitung von Volumenzuwachspozenten. – Archiv für Forstwesen. – 1969. – Bd.8. – H.9/10. S. 1055-1094.

11. Wenk G. Zuwachsprognosen, Vorratsfortschreibung und Aufstellung bestandesindividueller Ertragsstafeln mit Hilfe von Wachstumsmultiplikatoren. – Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden. – 1972. – Bd.21. – № 6. S. 1247-1249.

12. Wenk G. Bestandesindividuelle Ertragsstafeln auf der Grundlage einer neuen Zuwachsfunktion // Die soz. Forstwirtschaft. – 1973. – Jg.23. – H.11. S. 335.

Ю.И. Каганяк

**АДАПТАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗА
ПРОДУКТИВНОСТИ СОСНОВЫХ
ДРЕВОСТОЕВ К УСЛОВИЯМ
ИНТЕНСИВНОГО ВЕДЕНИЯ
ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Обобщена теория моделирования продуктивности древостоев и прогноза их главных таксационных показателей. На примере лесных культур сосны на Полесье предложена система математических моделей, которые отображают закономерности динамики таксационных показателей древостоев в объектах с разным режимом ведения лесного хозяйства.

Разработаны таблицы продуктивности сосновых древостоев в оптимальном и субоптимальном состояниях. Предложенный алгоритм прогноза запаса древостоя дополняется новыми параметрами, в частности, объемом выборки, методом рубок ухода и чередностью их проведения. Система прогноза продуктивности сосны в лесных культурах на Полесье позволяет путём имитационного моделирования программ изреживания выбирать допустимый вариант, который возможно использовать для оценки ресурсного потенциала таксационных выделов, отнесённых к различным категориям защитности леса.

Ключевые слова: продуктивность, древостой, нормативы, метод, модель, система, сосна, показатель.

JU.J. Kahanjak

**ADAPTATION OF SYSTEM
OF THE EFFICIENCY FORECAST
FOR PINE FOREST STANDS TO CONDITIONS
OF INTENSIVE MANAGEMENT FOREST**

The theory of modelling of efficiency of forest stands conceptualized and the their main biometric parameters forecasted. It is developed system of mathematical models which display laws of dynamics of biometric parameters of forest stands using the case of pine forest plantations in Polissya with a different mods of a forestry management. Tables of efficiency of pine forest stands in optimum and suboptimum conditions developed. The algorithm of the forecast of a stock of a forest stand supplements known for today with new parameters proposed. The system of the efficiency forecast for a pine forest plantation to Polissya allows by imitating modelling program destruction choose an allowable variant which is possible for using for an estimation of resource potential biometric site, attributed to various categories of protective forest.

Key words: efficiency, forest stand, specifications, method, model, system, pine, parameter.