

**МОДЕЛЮВАННЯ ХОДУ РОСТУ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ
ПІВНІЧНОГО ПРИДНІПРОВСЬКОГО СТЕПУ УКРАЇНИ**

¹Національний університет біоресурсів та природокористування України, Інститут лісового та садово-паркового господарства

²Дніпровський державний аграрно-економічний університет



Визначено особливості ходу росту за середньою висотою та розроблено динамічну бонітетну шкалу для соснових деревостанів штучного походження Північного Придніпровського Степу України. Аналіз ходу росту сосняків здійснено з використанням експериментальної бази даних тимчасових пробних площ, а також бази даних ВО «Укрдержліспроект» із повидільною таксаційною характеристикою деревостанів. Проведено моделювання основних таксаційних параметрів модальних соснових деревостанів штучного походження досліджуваного регіону. На основі чинних нормативів побудовано динамічні бонітетні шкали росту сосняків в умовах степової зони, де за основу взято базовий вік 60 років. Встановлено відмінності між ростом досліджуваних сосняків та наявною загальнобонітетною шкалою. Отримано таблиці ходу росту сосняків Дніпропетровського регіону, які характеризують деревостан загалом та частину, що вилучається з насадження внаслідок природного відпаду або проведення лісогосподарських заходів. Наведено порівняльний аналіз отриманих результатів таблиць ходу росту сосняків із наявними аналогами для модальних соснових деревостанів інших природно-географічних зон.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L., відносна висота, моделювання, динамічна бонітетна шкала, функція Мітчерліха.

Вступ. Моделювання росту та продуктивності деревостанів є одним із основних методів виявлення закономірностей функціонування найскладніших біологічних систем, до яких належать ліси. Адже саме такі методи дають змогу прогнозувати розвиток і межі можливого господарського використання. Пізнання загальних закономірностей лісоформаційного процесу, динаміки продуктивності лісових фітоценозів ґрунтується на оцінюванні таксаційних параметрів деревостанів під час дослідження їхніх росту, будови та структури. Зрештою емпіричні моделі ростових процесів лісових насаджень мають не тільки теоретичне значення, але й дають можливість отримати широкий спектр практичних застосувань. Так, на сьогоднішній день вкрай актуальним є забезпечення лісовпорядкування лісотаксаційними нормативами для переходу від оцінювання різного роду функцій лісів до визначення показників їхніх біопродукційних процесів.

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) – один із головних лісоутворювальних видів степової зони України. У Дніпропетровській області цей вид формує як природні (20 %), так і штучні деревостани на загальній площі майже 21,5 тис. га, які виконують переважно санітарно-гігієнічні та рекреаційні функції (Hulchak et al. 2011).

З метою встановлення особливостей росту й розвитку насаджень, для підбору однорідних експериментальних даних використовують загальнобонітетні шкали. Водночас суттєвим недоліком бонітетної класифікації є її сталий характер. З огляду на динамічність процесів у лісових насадженнях, украй актуальним питанням є розроблення динамічних бонітетних шкал і побудова таблиць ходу росту (ТХР), які відбивають не лише сучасний стан деревостанів, але й прогнозують їхні вікові зміни. Формуванням бази ТХР для головних лісоутворювальних порід у лісах різних регіонів нашої країни займалися багато науковців (Strochinskiy et al. 1992, Bala 2004, Myklush 2008, Lakyda et al. 2012, Tkach et al. 2013, Lakyda & Vasylyshyn 2016). Однак для регіону Придніпровського Північного Степу робіт подібного характеру з формуванням ТХР для модальних деревостанів, зокрема сосни звичайної, нині немає. Внаслідок цього актуальним питанням стало визначення особливостей ходу росту сосняків в умовах Степу зі складанням відповідних ТХР.

Мета дослідження – встановлення закономірностей динаміки таксаційних показників модальних деревостанів сосни звичайної та розроблення таблиць ходу росту в межах Придніпровського Північного Степу України.

Матеріали й методи. Особливості ходу росту соснових деревостанів у лісовому фонді Дніпропетровського обласного управління лісового та мисливського господарства (ДОУЛМГ) досліджували з використанням повидільної бази даних із обробкою 4 016 виділів штучних насаджень сосни звичайної та експериментальних даних із 25 закладених тимчасових пробних площ (ТПП). ТПП закладено в чистих за складом, одновікових соснових насадженнях. На всіх ТПП здійснено суцільний перелік дерев за ступенями товщини. Для побудови кривої висот вимірювали висоти 15–20 дерев. Для аналізу ходу росту за висотою модельні дерева підбирали з вибірки верхніх висот насадження, ранг за діаметром яких становив 75 % і вище. Таксаційні показники модельних дерев і деревостанів визначали загальноприйнятими в лісовій таксації методами (Anuchin 1982, Svalov 1983). Верхню висоту соснових деревостанів моделювали за допомогою відомої ростової функції Мітчерліха, яка має S-подібну форму тренду та широко застосовується для встановлення динаміки таксаційних показників:

$$H_{ев} = a_0 \cdot \left(1 - e^{-a_1 \cdot A}\right)^{a_2}, \quad (1)$$

де $H_{ев}$ – верхня висота деревостану, м;
 A – середній вік деревостану, років;
 a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти регресії.

Числові параметри функції Мітчерліха визначали у програмі ANOVA, яка надає змогу апроксимувати динаміку таксаційних показників деревостанів із використанням нелінійних за параметрами функцій росту.

Верхня висота є важливим показником насадження під час визначення класу бонітету та розроблення відповідних нормативів, однак її нечасто використовують під час лісовпорядних робіт. З огляду на це, здійснено перехід від верхньої висоти до середньої висоти деревостану з використанням такого рівняння:

$$H_{сеп} = H_{ев} \cdot a_0 \cdot e(a_1/A), \quad (2)$$

де $H_{сеп}$ – середня висота деревостану, м;
 $H_{ев}$ – верхня висота деревостану, м;
 A – вік деревостану, років;
 a_0, a_1 – коефіцієнти рівняння.

Для моделювання середнього діаметра соснових насаджень досліджуваного регіону використано алометричну залежність:

$$D_{сеп} = a_0 \cdot A^{a_1} \cdot H_{сеп}^{a_2}, \quad (3)$$

де $D_{сеп}$ – середній діаметр деревостанів сосни, см;
 A – середній вік деревостанів, років;
 $H_{сеп}$ – середня висота деревостанів, м;
 a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти рівняння.

Видове число також визначено через алометричну функцію, де як аргументи використано середній вік, висоту та діаметр насаджень.

Середній (неповний) приріст за запасом або середня зміна запасу $Z_M^{сеп}$ – важлива

таксаційна ознака деревостанів, яку визначають шляхом ділення наявного запасу деревостану на його вік:

$$Z_M^{cep} = M_A/A, \quad (4)$$

де M_A – середній запас деревостану на 1 га, $m^3 \cdot га^{-1}$;
 A – вік деревостану, років.

Визначення поточного приросту деревостану Z_M^{nm} потребує знань запасів деревостанів різного віку. Тоді поточний приріст деревостану визначається як середній за певний період часу (у нашому випадку 5 років):

$$Z_M^{nm} = (M_A - M_{A-n})/A, \quad (5)$$

де M_A – запас деревостану у нинішній час, $m^3 \cdot га^{-1}$;
 M_{A-n} – запас деревостану n років тому;
 n – період часу, років.

Розрахунок суми площ поперечних перерізів визначено через класичну формулу в лісовій таксації: $M = GHF$ (Anuchin 1982).

Розрахунок кількості стовбурів дерев у насадженнях N здійснювали через поділ суми площ поперечних перерізів на 1 га на площу поперечного перерізу середнього дерева.

Моделювання середніх висоти та діаметра частини деревостану, що вирубується, здійснювали через редуційні числа середньої висоти та діаметра деревостану. Коефіцієнти регресії запозичено з цільових таблиць ходу росту для штучних соснових деревостанів (Shvidenko et al. 1987).

Загальну продуктивність деревостанів розраховано шляхом сумування існуючого запасу деревостану та суми запасів частини, що вирубується.

Результати та обговорення. Під час встановлення ходу росту одним із найважливіших таксаційних показників є висота деревостану, оскільки вона має меншу варіацію, ніж інші таксаційні параметри. Показник верхньої висоти насадження є усередненим значенням висот дерев деревостану з рангом вище ніж 75 % за діаметром і має незначну варіабельність.

За результатами агрегації та моделювання даних, одержаних із ТПП, отримано рівняння розрахунку верхньої й середньої висот із визначеними регресійними коефіцієнтами та коефіцієнтами детермінації R^2 (табл. 1).

Таблиця 1

Регресійні рівняння для розрахунку верхньої та середньої висот штучних соснових деревостанів Придніпровського Степу України

Висота	Рівняння	R^2	Оцінка параметрів рівняння			
			коэф.	верхня межа	нижня межа	t -критерій
Верхня	$H_{вв} = 1,797 \cdot (1 - e^{-0,032 \cdot A})^{1,795}$	0,971	a_0	1,479	2,115	11,52
			a_1	0,017	0,047	4,57
			a_2	1,13	2,441	5,58
Середня	$H_{cp} = H_{вв} \cdot 0,991 \cdot \exp(-7,307/A)$	0,986	b_0	0,898	1,084	34,17
			b_1	-12,358	-2,256	5,72

Існуюча бонітетна шкала (Kashpor & Stochinsky 2013) не дає можливості здійснювати побудову природних рядів розвитку соснових деревостанів в умовах степової зони. З огляду на це на основі неї створено динамічну бонітетну шкалу, яка характеризує особливості ходу росту соснових деревостанів в умовах Північного Придніпровського Степу. Водночас із зазначеної загальнобонітетної шкали взято висоту соснових деревостанів у базовому віці 60 років. Порівняння особливостей ходу росту за висотою для окремих класів бонітету

змодельованих кривих насінневих соснових деревостанів із модифікованою сучасною бонітетною шкалою висот демонструє рисунок 1.

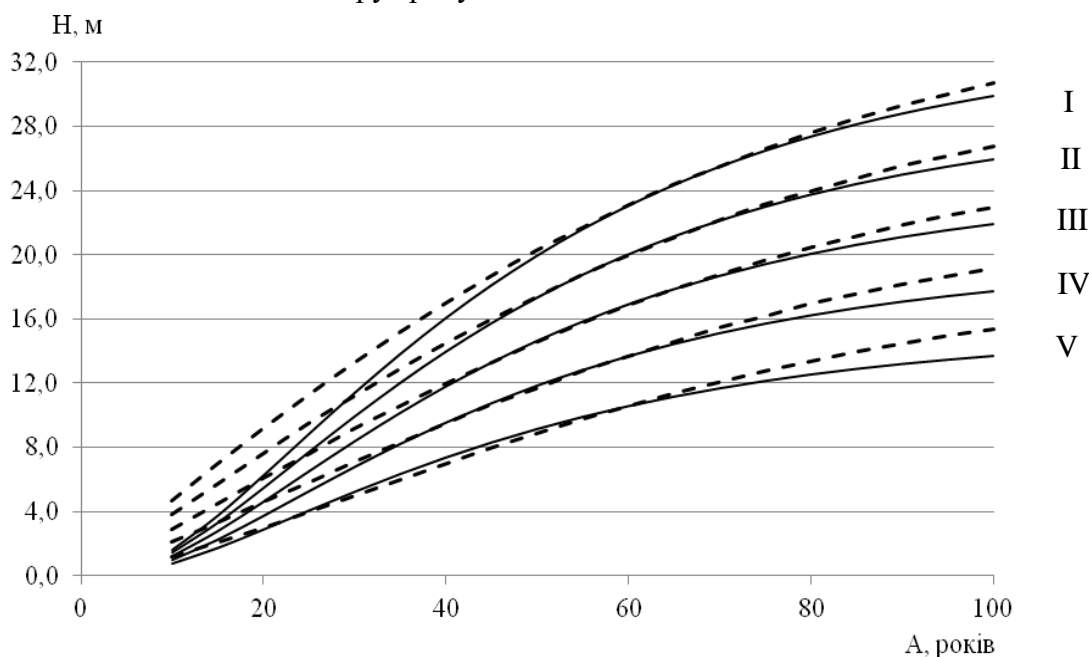


Рис. 1 – Висоти верхніх меж I-V класів бонітету змодельованої динамічної шкали (суцільні лінії) та загальнобонітетної шкали (пунктирні лінії) для насінневих штучних соснових деревостанів

Криві росту, отримані в результаті досліджень, відбивають знижену інтенсивність росту в досліджуваному регіоні, як порівняти із загальнобонітетною шкалою, що особливо добре простежується для деревостанів найвищих класів бонітету – I, II до 55-річного віку. У III класі бонітету зафіксовано вирівнювання значень висоти деревостану у 50 років та обернену, проти вищих класів бонітету, тенденцію ростових процесів. Відхилення спадного типу, порівнюючи із загальнобонітетною шкалою, зафіксовані для всіх класів динамічної шкали, що особливо добре виявляється для деревостанів нижчих класів бонітету (IV, V), починаючи із 70-річного віку.

Під час формування таблиць ходу росту для моделювання середньої висоти соснових деревостанів у межах класів бонітету повидільну базу даних ВО «Укрдержліспроєкт» розділено за встановленими динамічними класами бонітету. За основу моделювання взято функцію Мітчерліха. Значення коефіцієнтів рівняння та відповідні коефіцієнти детермінації R^2 у розрізі основних класів бонітетів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Коефіцієнти регресії та детермінації для моделювання середніх висот штучних соснових деревостанів у розрізі класів бонітету

Клас бонітету	Коефіцієнти рівняння			R^2
	a_0	a_1	a_2	
I	28,793	0,036	2,275	0,974
II	26,143	0,033	2,274	0,971
III	23,219	0,029	1,990	0,978
IV	19,446	0,028	2,068	0,964
V	8,650	0,069	4,178	0,965

Із наведених у таблиці 2 даних видно, що значення коефіцієнта детермінації має високий ступінь достовірності, і, відповідно, засвідчує прийнятність побудованої регресійної моделі для апроксимації залежності середньої висоти від віку деревостану.

На відміну від середньої висоти, середній діаметр деревостану залежить як від абіотичних, так і від антропогенних факторів. Перед моделюванням середнього діаметра

деревостану за допомогою кореляційного аналізу здійснено перевірку його зв'язку з іншими таксаційними показниками, зокрема середнім віком і середньою висотою деревостану. Одержані дані свідчать про тісний кореляційний зв'язок середнього діаметра із середньою висотою (0,90) і віком (0,73). Оскільки середній діаметр має тісну залежність від віку деревостану та його середньої висоти, не було потреби визначати коефіцієнти для розрахунку цього параметра з погляду досліджуваних класів бонітету. Отримана модель розрахунку середнього діаметра соснових насаджень набула такого вигляду:

$$D_{\text{сер}} = 0,679 \cdot A^{0,479} \cdot H_{\text{сер}}^{0,546}, \quad (R^2 = 0,845) \quad (6)$$

де $D_{\text{сер}}$ – середній діаметр деревостану, см;

$H_{\text{сер}}$ – середня висота деревостану, м;

A – вік деревостану, років.

Отримана математична модель має високий рівень точності, тобто рівняння описує більшість вихідних емпіричних даних (табл. 3).

Таблиця 3

Характеристика коефіцієнтів рівняння для визначення середнього діаметра насадження

Коефіцієнт	Значення коефіцієнта	Стандартна похибка	t -критерій	Нижня межа значення коефіцієнта	Верхня межа значення коефіцієнта
a_0	0,679	0,021	32,579	0,638	0,720
a_1	0,479	0,013	37,658	0,454	0,504
a_2	0,546	0,013	42,793	0,521	0,571

Коефіцієнти наведеної моделі є статистично значущими на 95%-му рівні, мають вищі за теоретичні (1,96) t -критерії Стьюдента та входять у визначені межі довірчого інтервалу.

Видове число F є показником, що відбиває вплив на деревостан комплексу факторів, а також параметром, що визначає його запас. Динаміка видових чисел може залежати як від віку, висоти, діаметра деревостану, так і від дендрометричних показників крони: діаметра та довжини. Показників середніх видових чисел у повидільній базі даних немає, тому для побудови моделі залежності середніх видових чисел використовували дані ТПП. У результаті модель залежності видового числа соснових деревостанів від їхніх віку, середнього діаметра та середньої висоти набула такого вигляду:

$$F = 0,706 \cdot (A^{-0,012} \cdot D_{\text{сер}}^{-0,125} \cdot H_{\text{сер}}^{0,021}), \quad (7)$$

де F – видове число;

$D_{\text{сер}}$ – середній діаметр деревостану, см;

$H_{\text{сер}}$ – середня висота деревостану, м;

A – вік деревостану, років.

Як наслідок моделювання середнього запасу через функцію Мітчерліха, отримали модель такого вигляду:

$$M = 469,073 \cdot (1 - e^{-0,083 \cdot H_{\text{сер}}})^{2,458}, \quad R^2 = 0,746 \quad (8)$$

де M – запас деревостану, м³;

$H_{\text{сер}}$ – середня висота деревостану, м.

Оскільки аргументом для цієї моделі використано середню висоту соснових деревостанів, не було необхідності знаходити регресійні коефіцієнти моделі з погляду класів бонітету. Значення параметрів моделі залежності запасу деревостану від середньої висоти наведені у таблиці 4.

Характеристика коефіцієнтів рівняння для визначення середнього запасу насадження

Коефіцієнт	Значення коефіцієнта	Стандартна похибка	<i>t</i> -критерій	Нижня межа значення коефіцієнта	Верхня межа значення коефіцієнта
a_0	469,073	14,563	32,210	440,523	497,622
a_1	0,083	0,005	16,6	0,073	0,093
a_2	2,458	0,130	18,908	2,203	2,713

Модель оцінки середнього запасу має доволі високий коефіцієнт детермінації, отримані коефіцієнти рівняння є значущими на п'ятивідсотковому рівні, а фактичні значення *t*-критерію Стьюдента перевищують критичне його значення ($t_{0,05} = 1,96$).

Змодельований хід росту в порівнянні з фактичними даними запасу залежно від віку модальних соснових деревостанів для I, II, III класів бонітету з їхніми відповідними частками 35,9; 23,2 та 10,0 % за площею в межах регіону наведено на рис. 2.

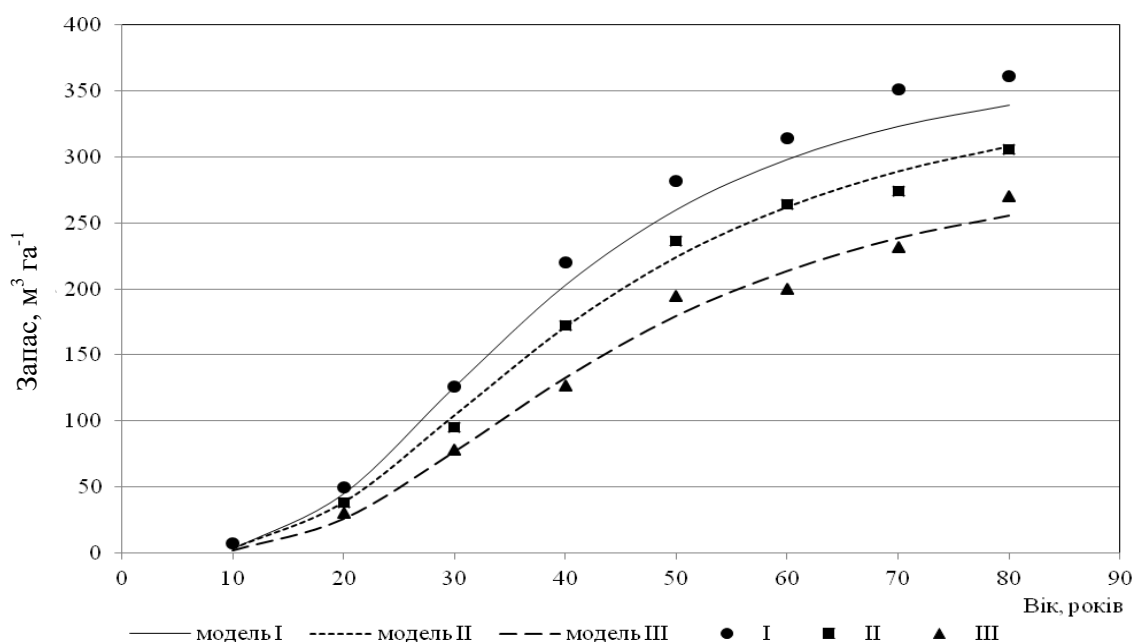


Рис. 2 – Динаміка середніх фактичних і вирівняних запасів соснових деревостанів залежно від віку за основними класами бонітету (точки – фактичні дані, лінії – вирівняні дані)

На рисунку 2 видно неістотні відхилення змодельованих значень запасів від фактичних, що свідчить про доволі точний опис моделлю емпіричних даних.

Фрагмент отриманих таблиць ходу росту модальних соснових деревостанів штучного походження для I класу бонітету в межах Придніпровського Північного Степу наведено в таблиці 5.

За даними таблиці 5 видно, що зі зростанням віку загальна продуктивність соснових деревостанів штучного походження збільшується за 5-річні періоди в середньому на 29 % (16–63 м³·га⁻¹) впродовж усього часового періоду росту. Середній приріст стовбурової деревини досліджуваних деревостанів інтенсивно зростає від 10 до 25 років (на 77–24 %), після чого до 50 років його інтенсивність зменшується (до 2 %), а потім має спадну тенденцію, що пояснюється насамперед біологічними особливостями сосни звичайної. Отримані результати таксаційних параметрів та загальної продуктивності соснових деревостанів Північного Придніпровського Степу України порівнювали з даними таблиць ходу росту модальних соснових деревостанів для зони Полісся України (Lakyda et al. 2012)

та соснових деревостанів Лісостепових і Північностепових екорегіонів Європейської частини (Shvydenko et al. 2008) для 20–80-річних деревостанів I класу бонітету (рис. 3).

Таблиця 5

Хід росту модальних штучних соснових деревостанів для I класу бонітету (базова висота у віці 60 років)

Вік, років	Деревостан							Частина, яку вирубують				Загальна продуктивність, м ³	Загальний приріст, м ³		
	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Кількість дерев, шт.	Сума площ поперечних перерізів, м ²	Видове число	Запас, м ³	Зміна запасу, м ³		Середня висота, м	Середній діаметр, см	Кількість дерев, шт.		Запас, м ³	середній	поточний
							середня	поточна							
10	1,7	2,8	5261	3,1	0,612	3	0,3	–	1,5	1,9	–	–	3	0,3	–
15	3,6	5,0	4139	8,2	0,574	17	1,1	2,8	3,2	3,5	1122	2,0	19	1,3	3,2
20	5,9	7,5	3158	14,0	0,549	45	2,3	5,6	5,2	5,3	981	6	54	2,7	6,9
25	8,3	10,1	2394	19,1	0,532	84	3,3	7,7	7,4	7,2	763	12	104	4,2	10,1
30	10,6	12,6	1832	22,9	0,519	126	4,2	8,5	9,6	9,1	562	18	165	5,5	12,1
35	12,9	15,1	1426	25,5	0,508	167	4,8	8,2	11,7	11,0	406	23	228	6,5	12,7
40	15,0	17,5	1133	27,1	0,500	203	5,1	7,3	13,6	12,8	293	26	290	7,2	12,4
45	16,9	19,7	921	28,1	0,493	234	5,2	6,2	15,4	14,6	213	27	348	7,7	11,6
50	18,6	21,9	764	28,7	0,487	260	5,2	5,1	17,0	16,3	157	27	401	8,0	10,6
55	20,1	23,9	646	29,0	0,482	281	5,1	4,2	18,5	18,1	117	27	449	8,2	9,5
60	21,4	25,8	557	29,1	0,478	298	5,0	3,4	19,8	19,7	90	26	491	8,2	8,6
65	22,6	27,6	487	29,1	0,474	312	4,8	2,8	20,9	21,3	70	24	530	8,2	7,7
70	23,6	29,3	432	29,1	0,470	323	4,6	2,2	21,9	22,9	55	23	564	8,1	6,9

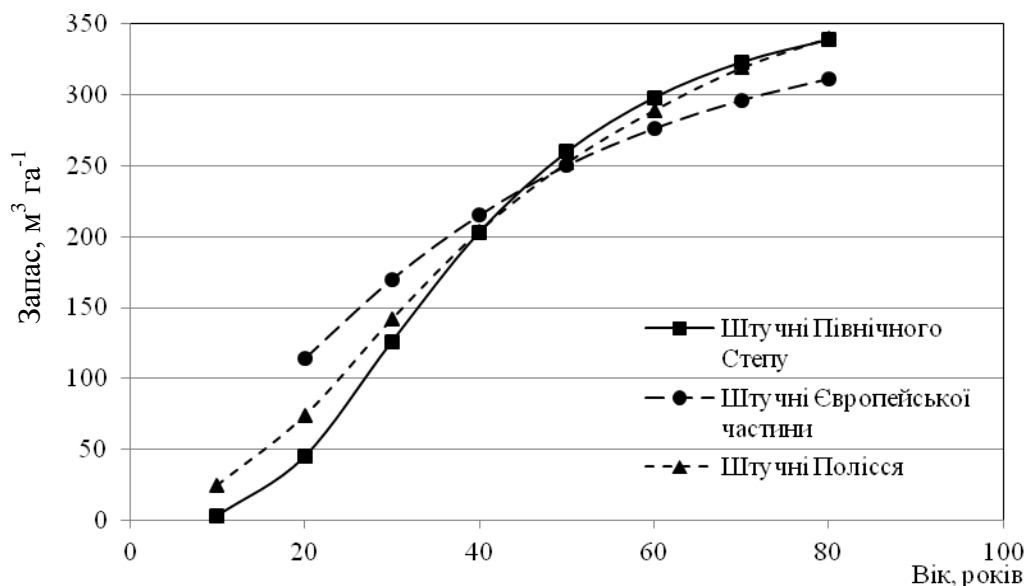


Рис. 3 – Порівняльний аналіз динаміки стовбурового запасу штучних соснових деревостанів із віком

У результаті порівняльного аналізу запасу модальних сосняків встановлено, що цей параметр біопродуктивності є нижчим для зони Північного Степу для деревостанів до 30 (Полісся) та 40 (європейська частина) років. Із віком запас для досліджуваного регіону

вирівнюється, а вже починаючи із 40- та 50-річного віку навіть перевищує дані з літературних джерел (максимум на 9 %).

Висновки. В умовах Придніпровського Степу України штучні соснові деревостани характеризуються уповільненим ростом як у молодому, так і старшому віці. Розроблена динамічна шкала виявила істотну відмінність значень висот у порівнянні із сучасною загальнобонітетною шкалою в межах вищих класів бонітету (I, II, III) до 40-річного віку, тоді як для нижчих класів бонітету (IV, V) суттєву розбіжність спадного типу зафіксовано для деревостанів старшого віку.

На основі розробленої динамічної бонітетної шкали та повидільної бази даних побудовано математичні моделі та таблиці ходу росту для соснових деревостанів на корені та вирубуваної частини за середніми висотою, діаметром та запасом на 1 га, а також розраховано загальну продуктивність, середній та поточний прирости досліджуваних деревостанів.

Отримані результати нададуть можливість оцінювати сучасний стан соснових деревостанів Придніпровського Степу України та прогнозувати динаміку їхніх змін, що дасть змогу обґрунтовано здійснювати лісогосподарські заходи, використовуючи розроблені таблиці ходу росту як нормативно-інформаційне забезпечення, з урахуванням регіональних особливостей росту сосняків.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Anuchin, N. P. 1982. Forest mensuration. Moscow, Lesnaya promyshlennost, 552 p. (in Russian).
- Bala, O. P. 2004. Modeling of the dynamic of stand indicators of artificial modal oak stands of the Forest-Steppe of Ukraine. *Naukovyj visnyk NAU Scientific bulletin of NAU*, 71: 155–162 (in Ukrainian).
- Hulchak, V. P., Kravchuk, M. F., Dudinets, A. Ya. 2011. The main provisions of forest organization and management of Dnipropetrovsk region. Irpin, 194 p. (in Ukrainian).
- Lakyda, P. I., Terentiev, A. Yu., Vasylyshyn, R. D. 2012. Scots pine stands of artificial origin in Ukrainian Polissya – growth and productivity forecast. *Korsun-Shevchenkivskiy, FOP Maydachenko I. S.*, 171 p. (in Ukrainian).
- Lakyda, I. P., Vasylyshyn, R. D. 2016. Methodological background for development of a system of growth and productivity models for stands of the main forest-forming tree species of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration [Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya]*, 129: 3–9.
- Kashpor, S. M. and Storchinsky, A. A. (Eds.). 2013. *Forest Inventory Handbook*. Kyiv, Vinnichenko Publishing House, 496 p. (in Ukrainian).
- Myklush, S. I. 2008. The models of grows flat beech forests stands. *Scientific bulletin of UNFU*, 18.11: 122–133 (in Ukrainian).
- Shvydenko, A. Z., Shchepashchenko, D. H., Nylsson, S. and Buluy, Yu. Y. 2008. *Tables and models of the growth and productivity of forests of main forest-forming species of Northern Eurasia (normative reference materials)*. Moscow, Moskovskaya tyopografyya 6, 888 p. (in Russian).
- Shvidenko, A. Z., Storchinsky, A. A., Savich, Yu. N., Kashpor, S. N. (Eds.). 1987. *Regulatory reference materials for forest inventory in Ukraine and Moldova*. Kyiv, Urozhay, 560 p. (in Russian).
- Storchinskiy, A. A., Shvidenko, A. Z., Lakida, P. I. 1992. *Models of growth and productivity of optimal stands*. Kyiv, Publishing house USHA, 144 p. (in Russian).
- Svalov, N. N. 1983. The main provisions of the methodology for modeling tree stand productivity. *Scientific bulletin of LitSHA*, 38–40 (in Russian).
- Tkach, V. P., Golovach, R. V., Vedmid, M. M. 2013. Growth course of vegetative oak forest of Left-bank Forest-Steppe. *Forestry and Forest Melioration [Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya]*, 122: 47–55 (in Ukrainian).

Lakyda P. I.¹, Lovynska V. M.²

GROWTH MODELLING OF SCOTS PINE STANDS WITHIN NORTHERN PRYDNIPROVSK STEPPE OF UKRAINE

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Institute of Forestry and Landscape-Park Management

²Dnipro State Agrarian and Economic University

The growth features were determined using average height, and a dynamic growth class scale for pine stands of artificial origin within Northern Prydniprovsk Steppe of Ukraine was developed. To analyse the pine stands growth, the experimental database of temporary sample plots was used, as well as the Ukrderzhlisproekt Production Association database with the subcompartment mensuration characteristics of the stands. The article provides modelling of the main

mensurational indices of the planted modal pine stands for the studied region. Based on the standard growth class scale, dynamic growth class scales for Scots pine stands within Steppe conditions were constructed. At that, the age of 60 was taken as basic. The differences of the studied pine stands' growth with the current standard growth class scale have been established. The yield tables of pine stands within Dnipropetrovsk region have been developed. They characterize the growth stands as in general, so by their removed parts due to natural thinning or forest management activities. A comparative analysis of the obtained results with existing analogues for modal pine stands in other natural geographical areas by means of pine yield tables is done and presented.

Key words: *Pinus sylvestris* L., relative height, modelling, dynamic growth class scale, Mitscherlich function.

Лакида П. И.¹, Ловинская В. Н.²

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХОДА РОСТА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ СЕВЕРНОЙ ПРИДНЕПРОВСКОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

¹*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, институт лесного и садово-паркового хозяйства*

²*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет*

Определены особенности хода роста по средней высоте и разработана динамическая бонитетная шкала для сосновых древостоев искусственного происхождения Северной Приднепровской Степи Украины. Анализ хода роста сосняков осуществлен с использованием экспериментальной базы данных временных пробных площадей, а также базы данных ПО «Укргослеспроект» с повыдельной таксационной характеристикой древостоев. Проведено моделирование основных таксационных параметров модальных сосновых древостоев искусственного происхождения изучаемого региона. На основе действующих нормативов построены динамические бонитетные шкалы роста сосняков в условиях степной зоны, где за основу взят базовый возраст 60 лет. Установлены различия между ростом исследуемых сосняков и существующей общепринятой шкалой. Получены таблицы хода роста сосняков Днепропетровского региона, характеризующие древостой в целом и часть, которая изымается из насаждения в результате естественного отпада или лесохозяйственных мероприятий. Приведен сравнительный анализ полученных результатов по таблицам хода роста сосняков с существующими аналогами для модальных сосновых древостоев других природно-географических зон.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., относительная высота, моделирование, динамическая бонитетная шкала, функция Митчерлиха.

E-mail: lakyda@nubip.edu.ua; glub@ukr.net

Одержано редколлегією: 30.03.2020