



ХІД РОСТУ ШТУЧНИХ МОДАЛЬНИХ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ПРИДОНЕЦЬКОГО СТЕПУ ТА ВИКОРИСТАННЯ НИМИ ЛІСОРОСЛИННОГО ПОТЕНЦІАЛУ

¹Державне підприємство «Лиманське лісове господарство»

²Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

Проаналізовано лісівничо-таксаційні показники соснових деревостанів базових лісогосподарських підприємств Придонецького Степу. Наведено математичні моделі та складено таблиці ходу росту модальних штучних соснових деревостанів Придонецького Степу в умовах свіжого бору. Як основу для визначення динаміки висоти та запасу використано функцію Мітчелліха, яка має широке застосування для моделювання процесів росту лісових насаджень. Ріст за висотою не виходить за межі одного класу бонітету загальнобонітетної шкали, хоча в молодшому віці соснові деревостани мають тенденцію до уповільненого росту. Виявлено, що кількісна стиглість модальних соснових деревостанів штучного походження II класу бонітету настає у віці 60 років. Визначено показник використання лісорослинного потенціалу лісових земель, який для модальних насаджень корінних соснових деревостанів в умовах Степу змінюється в межах 41–88 %. Найменшим він є у молодняків, а найвищим – у середньовікових деревостанів.

К л ю ч о в і с л о в а : лісівничо-таксаційні показники, *Pinus sylvestris* L., математичні моделі, таблиці ходу росту, продуктивність деревостанів.

Вступ. У сучасних умовах особливої актуальності набувають питання розроблення нормативно-інформаційних матеріалів для оцінювання й прогнозування росту модальних деревостанів із урахуванням зональних особливостей. В антропогенно трансформованому Степу визначальними є екологічна та захисно-меліоративна ролі лісу. Наявність лісотаксаційних нормативів, які враховують умови формування лісових насаджень, дасть змогу визначати ступінь виконання останніми екосистемних функцій, об'єктивніше оцінювати ріст деревостанів і контролювати ефективність лісогосподарських заходів (Lakyda et al. 2012, Lovynska 2021). Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є одним із найбільш стійких і довговічних деревних видів у степових умовах.

Регіон досліджень розташований у межах Деркульського та Східно-степового секторів Донецького району лісотипологічної області сухого порівняно теплого клімату (1e) (Ostapenko & Tkach 2002). За лісогосподарським районуванням регіон досліджень переважно належить до Донецько-Донського Північно-степового округу (Gensiruk 2002).

Закономірностям формування соснових деревостанів у північному Степу присвячено низку досліджень (Tarnopilska 2012, Lovynska 2021, Lovynska et al. 2021, Rumiantsev et al. 2021). Зокрема, розроблено нормативи біопродуктивності соснових деревостанів Придніпровського Північного Степу (Lovynska 2021). За результатами досліджень науковців УкрНДЛЛГА виявлено, що використання лісорослинного потенціалу (ВЛП) сосновими деревостанами Донецько-Донського північно-степового (байрачно-степового) округу становить у середньому 76 % у А₂–С та 78 % у В₂–дС (Tkach et al. 2018). Соснові деревостани Придонецького Степу характеризуються певними особливостями росту, що потребує проведення детальних досліджень (Pasternak & Yarotsky 2009, Pasternak et al. 2021).

Мета дослідження – виявлення особливостей динаміки лісівничо-таксаційних показників і продуктивності штучних модальних соснових деревостанів Придонецького Степу України.

Матеріали й методи. Для побудови таблиць ходу росту використано інформацію з повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроект» для державних підприємств (ДП) «Ізюмське лісове господарство», «Лиманське лісове господарство» та «Кремінське лісомисливське господарство» станом на 01.01.2021 (дані стосовно понад 16 тис. таксаційних виділів, де сосна звичайна є головною породою), дані таксації 26 пробних площ, закладених у соснових насадженнях лісового фонду зазначених підприємств, та обліків на чотирьох ділянках моніторингу. Крім того, використано дані п'яти пробних площ, закладених під час

проведення лісовпорядкування в ДП «Лиманське лісове господарство» Донецької області з рубкою та обмірюванням 15 модельних дерев. Ділянки розташовані переважно в умовах свіжого бору й субору, а також сухого бору та свіжого сугруду (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл дослідних ділянок за ТЛУ та класами бонітету

Table 1

Distribution of sample plots by types of forests site conditions and site classes

Клас бонітету Site class	ТЛУ Types of forests site conditions				Разом Total
	A ₁	A ₂	B ₂	C ₂	
Ia	–	1	4	2	7
I	–	4	6	–	10
II	1	11	2	–	14
III	2	2	–	–	4
Разом Total	3	18	12	2	35

Закладання пробних площ і визначення таксаційних показників здійснювали за загальноприйнятими у лісовій таксації методиками (Forest inventory sample plots 2006, Нром 2010). Запас на пробних площах визначали подеревно за модельними деревами (на п'яти пробних площах) та за формулами об'ємів стовбурів (Myronuk et al. 2020).

Кількісне оцінювання ефективності використання лісорослинного потенціалу лісових земель модальними деревостанами виконано із застосуванням показників продуктивності корінних насаджень (Ostapenko & Tkach 2002, Turkevich et al. 1973). Вік кількісної стиглості визначали за максимумом середньої зміни запасу.

Для визначення наявності та ступеня тісноти зв'язків між таксаційними показниками, моделювання регресійних залежностей між ними застосовано методи біометрії, зокрема кореляційний і регресійний аналізи (Goroshko et al. 2004).

Результати та обговорення. У лісовому фонді базових підприємств Придонецького Степу переважають соснові насадження, частка площі яких становить 58 % від вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок. У базових підприємствах регіону найтипівішими є середньоповнотні соснові деревостани з відносною повнотою 0,7–0,8. За продуктивністю переважають деревостани II класу бонітету (43 %), дещо меншою є частка деревостанів I класу бонітету (32 %), а деревостани III класу бонітету займають майже 16 % площі. Переважними типами лісу є свіжий сосновий бір (A₂-C – 37 %), свіжий дубово-сосновий суббір (B₂-дС – 34 %), а також сухий сосновий бір (A₁-C – 14 %).

Для розроблення математичних моделей росту й продуктивності модальних деревостанів важливим є аналіз кореляційних зв'язків між їхніми таксаційними показниками. Напрямок і тісноту зв'язків між таксаційними параметрами виявляли за коефіцієнтами кореляції (табл. 2), які допомагають підібрати аргументи для розроблення регресійних моделей (Goroshko et al. 2004). Водночас слід враховувати, що коефіцієнти кореляції відображають лінійний зв'язок, а зв'язки між таксаційними показниками найчастіше є нелінійними.

Розрахунки підтвердили наявність тісного зв'язку між собою таких показників, як вік A , середній діаметр D і середня висота H . Відповідні коефіцієнти кореляції мають значення від 0,66 до 0,89. Кореляційний зв'язок запасу M із середньою висотою, діаметром і відносною повнотою P становить 0,81, 0,68 та 0,51 відповідно.

Основою для побудови таблиць ходу росту є середня висота деревостану в базовому віці. За базовий вік модальних соснових деревостанів Придонецького Степу взято 80 років, оскільки у цьому віці вони характеризуються максимальними запасами. Побудову таблиць ходу росту розпочинали з апроксимації середніх висот за допомогою функції Мітчерліха, яка має широке застосування у моделюванні процесів росту (Lakyda et al. 2018, Lovynska 2021).

Кореляційна матриця таксаційних показників соснових деревостанів

Table 2

Correlation matrix of mensuration indicators of pine forest stands

Лісівничо-таксаційні показники Stand mensuration indicators	<i>A</i> , років <i>A</i> , years	<i>H</i> , м <i>H</i> , m	<i>D</i> , см <i>D</i> , cm	<i>P</i>	<i>M</i> , м ³ ·га ⁻¹ <i>M</i> , m ³ ·ha ⁻¹
<i>A</i> , років <i>A</i> , years	1,00	0,73	0,66	-0,03	0,51
<i>H</i> , м <i>H</i> , m	0,73	1,00	0,89	0,09	0,81
<i>D</i> , см <i>D</i> , cm	0,66	0,89	1,00	0,06	0,68
<i>P</i>	-0,03	0,09	0,06	1,00	0,54
<i>M</i> , м ³ ·га ⁻¹ <i>M</i> , m ³ ·ha ⁻¹	0,51	0,81	0,68	0,54	1,00

Перехід від відносних до абсолютних значень модельованих таксаційних показників здійснювали на основі базових значень висоти модифікованої шкали М. М. Орлова для насінневих деревостанів у віці 80 років (Vilous et al. 2021). Динаміку середньої висоти соснових насаджень свіжого бору (*A*₂) описує функція (1):

$$H = 1,626 \cdot (1 - \exp(-0,0141 \cdot A))^{1,243} \cdot H_{80}^{\text{баз}}, \quad (1)$$

де $H_{80}^{\text{баз}}$ – висота у базовому віці, м.

На величину середнього діаметра найбільшою мірою впливають вік і висота деревостану, тому для моделювання середнього діаметра *D* (см) використано алометричну функцію (2):

$$D = 0,798 \cdot A^{0,392} \cdot H^{0,609} \quad (2)$$

Моделювання динаміки видових чисел проведено за допомогою видової висоти (*HF*) за результатами обміру модельних дерев. Залежність видових висот модальних соснових деревостанів *HF* (м) від середніх висоти та діаметра описує функція (3):

$$HF = 1,412 + 0,385 \cdot H + 0,725/D \quad (3)$$

Запас *M* (м³·га⁻¹) визначали за формулою (4):

$$M = 1545 \cdot (1 - \exp(-0,0302 \cdot H))^{1,718} \cdot P, \quad (4)$$

де *P* – відносна повнота.

Динаміку відносних повнот моделювали за допомогою полінома другого ступеня:

$$P = -0,000122 \cdot A^2 + 0,0132 \cdot A + 0,464. \quad (5)$$

Зазначені математичні вирази доволі точно характеризують хід росту штучних модальних соснових деревостанів Придонецького Степу. Коефіцієнти детермінації наведених рівнянь знаходяться в межах 0,82–0,95, що свідчить про високий рівень достовірності, тому рівняння 3–5 було використано для формування таблиць ходу росту, ескіз яких наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Хід росту штучних модальних соснових деревостанів Придонецького Степу (II клас бонітету, A₂)

Table 3

The course of growth of artificial modal pine stands (II site class, A₂)

A, років A, years	H, м H, m	D, см D, cm	F	G, м ² ·га ⁻¹ G, m ² ·ha ⁻¹	M, м ³ ·га ⁻¹ M, m ³ ·ha ⁻¹	Зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ Stock change, m ³ ·ha ⁻¹	
						середня mean	поточна annual
10	2,9	3,8	0,936	4,7	13	1,3	–
20	6,3	7,9	0,622	13,2	52	2,6	4,5
30	9,7	12,0	0,537	21,1	111	3,6	6,0
40	12,7	16,0	0,499	27,2	174	4,3	6,4
50	15,5	19,7	0,478	31,5	235	4,7	5,9
60	18,1	23,1	0,465	33,9	288	4,7	4,7
70	20,3	26,4	0,456	34,5	322	4,6	3,0
80	22,3	29,5	0,449	33,5	338	4,2	1,1
90	24,1	32,3	0,445	30,8	333	3,7	-1,1

Ріст за висотою модальних соснових деревостанів штучного походження відбувається в межах одного класу бонітету загальнобонітетної шкали, хоча у молодшому віці вони мають тенденцію до уповільненого росту (рис. 1).

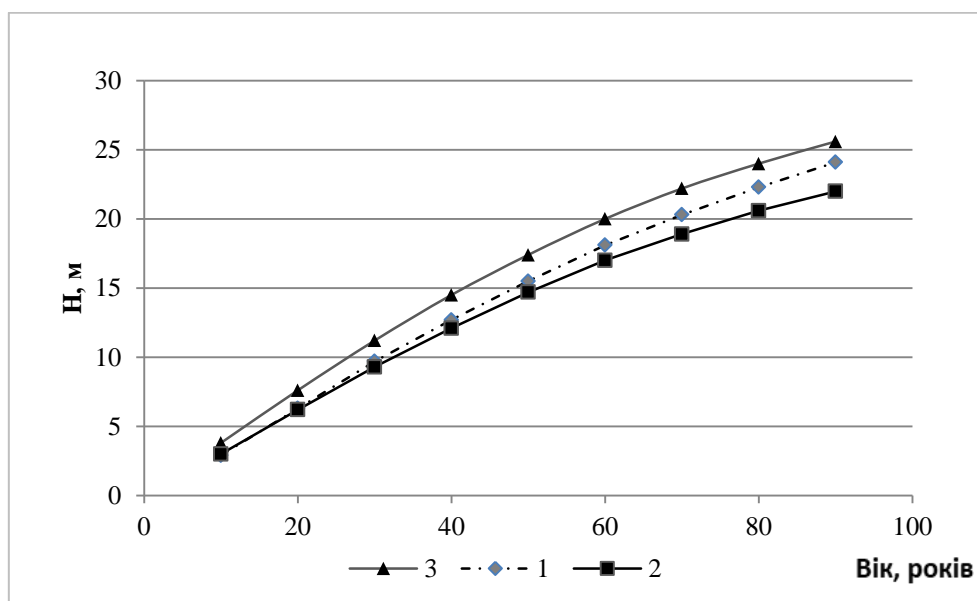


Рис. 1 – Хід росту штучних соснових деревостанів Придонецького Степу за висотою (II клас бонітету, A₂): 1 – динаміка висот модальних деревостанів; 2, 3 – межі II класу бонітету

Fig. 1 – The course of growth by height of artificial pine stands in Prydonetsky Steppe (II site class, fresh poor forest site condition): 1 – height dynamics of modal stands; 2, 3 – height limits of the II site class)

Зважаючи на клас бонітету та показник використання лісорослинного потенціалу, модальні соснові деревостани є доволі продуктивними з огляду на несприятливі кліматичні умови Степу. Вік кількісної стиглості за максимумом середньої зміни запасу становить 60 років. Деревостани Придонецького Степу характеризуються дещо інтенсивнішим ростом за висотою у віці 20–30 років з подальшим його уповільненням, меншими діаметрами, але більшою повнотою та, відповідно, більшим запасом, порівнюючи з модальними деревостанами Придніпровського Північного Степу за В. М. Ловинською (2021) (табл. 4).

Таблиця 4

Зіставлення динаміки основних показників штучних соснових деревостанів Придонецького Степу та Придніпровського Північного Степу II класу бонітету

Table 4

Comparison of the dynamics of the main indicators of artificial pine stands of the Prydonetskiy Steppe and the Prydneprovskiy Northern Steppe of the II site class

A, років A, years	Дані авторів Our data			За В.М. Ловинською (2021) According to V.M. Lovynska (2021)		
	H, м H, m	D, см D, cm	M, м ³ ·га ⁻¹ M, m ³ ·ha ⁻¹	H, м H, m	D, см D, cm	M, м ³ ·га ⁻¹ M, m ³ ·ha ⁻¹
20	6,3	7,9	52	5,4	7,2	41
30	9,7	12,0	111	9,4	11,8	109
40	12,7	16,0	174	13,1	16,2	176
50	15,5	19,7	235	16,2	20,3	228
60	18,1	23,1	288	18,7	24,0	265
70	20,3	26,4	322	20,7	27,3	291
80	22,3	29,5	338	22,3	30,2	308

Модальні соснові середньовікові та пристиглі деревостани у свіжому бору в умовах Степу характеризуються порівняно високим показником ВЛП, порівнюючи з потенційною продуктивністю корінних деревостанів за І.В. Туркевичем, – 78–88 % (рис. 2).

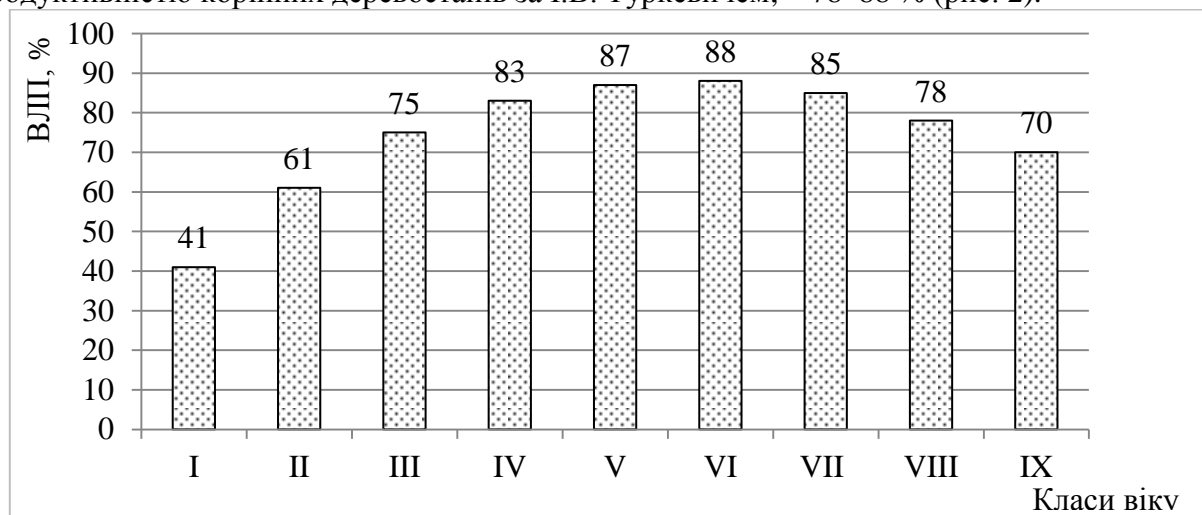


Рис. 2 – Показники ВЛП штучними модальними сосновими деревостанами свіжого соснового бору
Fig. 2 – The use of the forest site capacity by artificial modal pine stands in fresh pure site condition

Найнижчим показником ВЛП характеризуються деревостани першого та другого класів віку (41–61 %). У середньому в умовах Придонецького Степу соснові деревостани свіжого бору (A₂) використовують лісорослинний потенціал лісових земель на 74 %, що є дещо меншим, порівнюючи з даними науковців УкрНДЦЛГА (Тkach et al. 2018).

Висновки. Досліджувані модальні сосняки Придонецького Степу в умовах свіжого соснового бору ростуть переважно за II класом бонітету та відзначаються доволі високою продуктивністю, враховуючи несприятливі лісорослинні умови. Про це свідчить їхній запас, який у 90-річному віці становить близько 330 м³·га⁻¹, та порівняно високий показник використання лісорослинного потенціалу земель – у середньому 74 %. Кількісна стиглість штучних соснових деревостанів Придонецького Степу настає у віці 60 років.

Розроблені регіональні таблиці ходу росту об'єктивно характеризують динаміку, враховують регіональні особливості росту й формування модальних соснових деревостанів Придонецького Степу та можуть бути основою для розв'язання наукових і виробничих лісівничих завдань.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Bilous, A. M., Kashpor, S. M., Myroniuk, V. V., Svinchuk, V. A., Lesnik, O. M.* 2021. Forest inventory handbook. Kyiv, Vinichenko Publishing House, 420 p. ISBN 978-966-981-403-6 (in Ukrainian).
- Forest inventory sample plots. Establishing method. Corporate standard 02.02-37-476:2006. 2007. Valid from May 1, 2007. Kyiv, Ministry for Agrarian Policy of Ukraine, 32 p. (in Ukrainian).
- Gensiruk, S. A.* 2002. Forests of Ukraine. Lviv, Shevchenko Scientific Society Publishing House, 496 p. (in Ukrainian).
- Goroshko, M. P., Myklush, S. I., Khomiuk, P. H.* 2004. Biometry: Tutorial. Lviv, Kamula, 236 p. (in Ukrainian).
- Hrom, M. M.* 2010. Forest mensuration. Lviv, RVV NLTU, 416 p. (in Ukrainian).
- Lakyda, P. I., Bala, O. P., Matushevych, L. M., Lakyda, I. P., Ivanuk, I. D.* 2018. Forestry and ecological potential of the oak forests of Polissia of Ukraine. Kyiv, Kyiv, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 207 p. (in Ukrainian).
- Lakyda, P. I., Terentiev, A. U., Vasylyshyn, R. D.* 2012. Artificial pine stands of Polyssia of Ukraine – forecast of growth and productivity. Korsun-Shevchenkivskiy, Maydachenko I. S., 173 p. (in Ukrainian).
- Lovynska, V. M.* 2021. Biotic productivity of Scots pine plantation within ravine steppe of Ukraine. Doctoral thesis. Kyiv, 448 p. (in Ukrainian).
- Lovynska, V., Terentiev, A., Lakyda, P., Sytnyk, S., Bala, O., Gritzan, Yu.* 2021. Comparison of Scots pine growth dynamic within Polissya and Northern Steppe zone of Ukraine. Journal of Forest Science, 67: 533–543. <https://doi.org/10.17221/93/2021-JFS>
- Myronuk, V. V., Bilous, A. M., Bidolah, D. I.* 2020. Scientific and methodological recommendations for the inventory of forest resources of Ukraine. Kyiv, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 48 p. (in Ukrainian).
- Ostapenko, B. F. and Tkach, V. P.* 2002. Forest typology. Kharkiv, KhDAU, 204 p. (in Ukrainian).
- Pasternak, V. P., Prihodko, O. B., Girs, O. A.* 2021. Structure of pine stands in the Pridonetsk Steppe of Ukraine. Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 21: 68–76 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/412133>
- Pasternak, V. P. and Yarotsky, V. Yu.* 2009. Typological structure and forest bioproductivity in the State forest-hunting Enterprise “Kremiske”. Forestry and Forest Melioration, 116: 130–135 (in Ukrainian).
- Rumiantsev, M. H., Borysenko, O. I., Yushchuk, V. S.* 2021. Pine stands of the steppe part of Kharkiv region: condition and productivity. In: International Scientific Innovations in Human Life. Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference. Manchester, United Kingdom, p. 10–17 (in Ukrainian).
- Tarnopilska, O. M.* 2012. Features of growth and formation of artificial pine plantations of the Left Bank Steppe and Forest-Steppe. Extended abstract of PhD thesis. Kharkiv, 20 p. (in Ukrainian).
- Tkach, V. P., Kobets, O. V., Rumiantsev, M. H.* 2018. Use of forest site capacity by forests of Ukraine. Forestry and Forest Melioration, 132: 3–12 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.132.2018.3>
- Turkevich, I. V., Medvedev, L. A., Mokshanina, I. M., Lebedev, E. V.* 1973. Methodological guidelines for determining the potential productivity of forest lands and the degree of their effective use. Kharkiv, URIFFM, 72 p. (in Russian).

Prihodko O. B.¹, Pasternak V. P.²

GROWTH DYNAMICS OF ARTIFICIAL MODAL PINE FOREST STANDS IN PRYDONETSKYI STEPPE AND USE OF FOREST SITE CAPACITY

¹ Lyman Forest State Enterprise

² Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky

Stand mensuration characteristics of pine stands in basic forest enterprises in Prydonetsky Steppe were analysed. Mathematical models of growth were given and growth tables of artificial modal pine stands in fresh poor forest site condition at the Prydonetskyi Steppe were compiled. The Mitscherlich function was used as a basis for establishing the dynamics of height and growing stock, which is widely used for modelling the growth processes in forest stands. Growth in height does not go beyond one site class of the general site rating scale, although at a younger age pine stands tend to slow growth. It has been found that the quantitative maturity of artificial modal pine stands of the II site class occurs at the age of 60 years. The value of the use of forest site capacity of forest lands was determined. For modal indigenous pine stands in the Steppe conditions the value varied between 41–88%. It was the smallest in young forest stands, and the highest in middle-aged ones.

Key words: stand mensuration characteristics, *Pinus sylvestris* L., mathematical models, growth tables, forest stand productivity.

E-mail: prihodkoab@gmail.com; pasternak65@ukr.net

Одержано редколегією 27.06.2023