



Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412132>
Article received 2021.09.07
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Volodymyr P. Pasternak
pasternak65@ukr.net
86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630*5:582.632.2

Структура соснових деревостанів Придонецького Степу України

В.П. Пастернак¹, О.Б. Приходько², О.А. Гірс³

Здійснено аналіз поширення *Pinus sylvestris* L. у лісовому фонді регіону дослідження та встановлено лісівничо-таксаційні показники соснових деревостанів. Характеристику соснових деревостанів базових підприємств здійснено за типами лісу, повнотою та продуктивністю. Розглянуто таксаційну будову соснових деревостанів, проаналізовано розподіл дерев *Pinus sylvestris* за діаметром і класами Крафта. За результатами кореляційного аналізу встановлено тісний зв'язок між діаметром, максимальним і мінімальним редуційними числами; дещо меншої тісноти зв'язок існує між віком і діаметром та максимальним і мінімальним редуційними числами. Розраховано моделі мінливості діаметра, відношення мінливості ділової частини до загальної мінливості діаметра деревостану з урахуванням мінімального та максимального діаметрів модальних деревостанів. Розподіл дерев за діаметром характеризується переважно гостроверхою кривою з правосторонньою асиметрією. Середні значення асиметрії розподілів становлять 0,33; ексцес – -0,08. Розрахунки моделей розподілу стовбурів сосни за діаметром показали, що β -розподіл є оптимальним для цього об'єкта дослідження. Встановлено зв'язок між часткою ділових стовбурів і віком модальних соснових деревостанів. За результатами порівняння нормативів розподілу, розроблених для соснових деревостанів Придонецького Степу України, з даними для Полісся встановлено більшу мінливість за діаметром останніх, що зумовлено, насамперед, лісорослинними умовами регіону та режимом господарювання.

Побудовано таблиці динаміки товарної структури модальних соснових деревостанів з урахуванням розподілу об'ємів ділових стовбурів за класами і підкласами товщини, узгодженими з європейськими підходами щодо таксації круглих лісоматеріалів. Наведені нормативи розподілу дерев за діаметрами та динаміка товарної структури модальних соснових насаджень з урахуванням розподілу ділової деревини за класами діаметрів дають змогу підвищити точність визначення показників соснових насаджень Придонецького Степу.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L.; модальні деревостани; класи Крафта; розподіл за діаметром; динаміка товарної структури.

Вступ (Introduction). Ліси Придонецького Степу відіграють важливу роль для навколишнього середовища, зокрема виконують водоохоронні, протиерозійні та інші захисні функції, є осередками збереження біорізноманіття. На сучасному етапі актуальним завданням є розроблення відповід-

них нормативно-інформаційних матеріалів для оцінювання деревостанів головних лісотвірних видів з урахуванням зональних особливостей. *Pinus sylvestris* L. є одним із найпоширеніших деревних видів на території Північного Степу України. Закономірності будови деревостанів є теоретичною

¹ Пастернак Володимир Петрович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-057-707-80-44. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

² Приходько Олексій Борисович – директор ДП «Лиманське лісове господарство», вул. К. Гасієва, 1а, Лиман, 84404, Україна. Тел.: +38-097-358-97-49. E-mail: prikhodkoab@gmail.com

³ Гірс Олександр Анатолійович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна. E-mail: aagirs@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-8855>

основою побудови лісотаксаційних нормативів, зокрема таблиць товарної структури і динаміки товарності. У зв'язку з цим, оцінювання структури соснових деревостанів з урахуванням регіональних особливостей відзначається високою актуальністю для збалансованого ведення господарства в них.

Структуру, відновлення та ріст соснових деревостанів з урахуванням змін клімату та антропогенного впливу досліджували у різних лісорослинних умовах (Мерцало, 2018; Matuszkiewicz et al., 2013; Stefańska-Krzaczek, Staniaszek-Kik, Szczepańska, & Szymura, 2019; Vacek et al., 2016).

Дослідженням продуктивності, таксаційної будови і товарної структури деревостанів сосни звичайної Північного Степу України присвячено роботи низки науковців (Тарнопільська, 2012; Gritsan, Lovynska, & Sytnyk, 2018; Lovynska, Sytnyk, Maslikova, & Gritsan, 2017). Зокрема, вивчено особливості формування структури сосняків (Lovynska, & Sytnyk, 2016), розроблено нормативи біопродуктивності соснових деревостанів Придніпровського Північного Степу та регіональні нормативи ходу росту модальних соснових деревостанів (Ловинська, 2021), які використані нами для товаризації запасу за класами товщини.

За результатами дослідження українських вечних встановлено, що бета-розподіл забезпечує добру апроксимацію структури деревостанів за діаметром (Гірс, 2011; Громяк, Гриник, Ярош, 2013; Свинчук, Зібцев, Гуменюк, 2014; Бугайов, Гірс, Пастернак, 2021).

Мета дослідження – визначити закономірності структури деревостанів; розробити математичні моделі цих закономірностей та на їхній основі скласти відповідні таблиці товарної структури деревини за класами товщини у деревостанах сосни звичайної у Придніпровському Степу України.

Об'єктом дослідження були деревостани *Pinus sylvestris* L. Придніпровського Степу. *Предмет дослідження* – формування структури соснових деревостанів Придніпровського Степу України.

Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods). За лісотипологічним районуванням територія регіону досліджень належить до Донецького району (Східно-степовий і Деркульський сектори) лісотипологічної області сухого порівняно теплого клімату (1e) (Остапенко, Ткач, 2002); за лісогосподарським районуванням – переважно до Донецько-Донського Північно-степового округу (Генсірук, 2002). Найбільші площі серед соснових типів лісу займають свіжий сосновий бір (A_2-C), свіжий дубово-сосновий суббір (B_2-dC) та сухий сосновий бір (A_1-C). Менш розповсюджені сухий дубово-сосновий суббір (B_1-dC) та свіжий липово-дубово-сосновий сугруд ($C_2-лп-dC$).

Для детального вивчення структури соснових деревостанів використано матеріали таксації 32-ох пробних площ, що закладено у лісовому фонді ДП «Ізюмське ЛГ», «Лиманське ЛГ» та «Кремінське ЛМГ». Закладання пробних площ і визначення таксаційних показників здійснювали за загаль-

ноприйнятими у лісовій таксації методиками (Площі пробні лісовпорядні, 2006).

У базових підприємствах Придніпровського Степу найчастіше трапляються середньоповнотні соснові деревостани з відносною повнотою 0,7-0,8 (65,8%). Також значні площі займають деревостани з повнотою 0,6 (11,6%) та 0,9 (16,6%). Частка низькоповнотних насаджень незначна. За продуктивністю майже порівну (близько 39%) представлені насадження I та II класів бонітету. Переважаючими типами лісу є свіжий сосновий бір (A_2-C – 37,3%), свіжий дубово-сосновий суббір (B_2-dC – 33,9%), а також сухий сосновий бір (A_1-C – 14,0%) (Пастернак, Яроцький, 2009; Приходько, Пастернак, Яроцький, 2019).

Аналіз даних пробних площ за основними таксаційними показниками підтверджує, що підібрані для дослідження деревостани за складом, продуктивністю, відносною повнотою і типами лісу відповідають найпоширенішим умовам формування сосняків у Північному Придніпровському Степу України.

Обробку дослідних даних з метою отримання інформації про параметри рядів розподілу за діаметром виконано з використанням прикладних програм (MS Excel, STRUK, БУДОВА). При цьому визначено середній діаметр (D), коефіцієнт мінливості (V), мінімальні (R_{min}) і максимальні (R_{max}) редуційні числа, показники асиметрії (A) та ексцесу (E), а також здійснено статистичну обробку масиву дослідних даних (табл. 1).

Таблиця 1

Статистичні характеристики дослідних рядів розподілу дерев за діаметром

Table 1. Statistical characteristics of experimental series of tree distribution by diameter

Показник	Середнє значення	σ	V, %
Вік (A), років	73	13,1	17,9
Діаметр (D), см	21,7	3,6	16,6
Коефіцієнт мінливості (V), %	23,7	3,7	15,5
Мінімальне редуційне число (R_{min})	0,47	0,07	15,4
Максимальне редуційне число (R_{max})	1,57	0,24	15,3

Дослідні дані охоплюють доволі широкий діапазон деревостанів за віком і діаметром. Коефіцієнти мінливості цих показників свідчать про достатню однорідність дослідних даних, оскільки становлять 17,9 та 16,6% відповідно (Никитин, Швиденко, 1978). Середні значення асиметрії (A) розподілів за діаметром становлять 0,33; ексцесу (E) – -0,08. Розподіл дерев за діаметром характеризується переважно гостроверхою кривою з правосторонньою асиметрією.

Результати (Results). Аналізуючи розподіл дерев за класами Крафта встановлено, що у середньому частка дерев II класу становить 75,4, III – 12,3, V – 8,3, I – 2,5, IV – 1,5%.

За результатами кореляційного аналізу найтісніший кореляційний зв'язок встановлено між діаметром і максимальним та мінімальним редуційними числами, дещо меншу тісноту зв'язку встановлено між віком і діаметром та максимальним і

мінімальним редуційними числами (табл. 2). Таким чином, між показником відносної мінливості діаметра дерев та середнім значенням цієї таксаційної ознаки існує слабкий обернений зв'язок. Параметри відповідної математичної моделі встановлювали з урахуванням того, що методика побудови узагальнених рядів розподілу дерев за діаметром передбачає моделювання показника відносної мінливості саме від величини середнього діаметра.

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції між досліджуваними показниками
 Table 2. Correlation coefficients between the studied indicators

Показник	A, років	D, см	V, %	R _{min}	R _{max}	A	E
A, років	1,00	0,67	-0,02	-0,66	-0,68	0,01	0,02
D, см		1,00	-0,28	-0,98	-0,97	-0,29	-0,08
V, %			1,00	0,22	0,28	0,31	0,05
R _{min}				1,00	0,92	0,25	0,08
R _{max}					1,00	0,31	0,11
A						1,00	0,75
E							1,00

Розрахунки таксаційної будови у середовищі EXCEL за програмою БУДОВА показали, що оптимальним для цього об'єкта досліджень є β-розподіл.

Результати моделювання представлено формулами:

$$V = -1,17 + 4,87 \cdot D - 0,267 \cdot D^2 + 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot D^3, \quad (1)$$

$$W = 32,47 - 0,565 \cdot P_{dil} + 5,83 \cdot 10^{-3} \cdot P_{dil}^2, \quad (2)$$

$$R_1 = 0,72 - 0,0106 \cdot D + 1,55 \cdot 10^{-4} \cdot D^2, \quad (3)$$

$$R_2 = 2,46 - 0,0361 \cdot D - 5,83 \cdot 10^{-4} \cdot D^2, \quad (4)$$

де V – мінливість діаметра модального деревостану; W – відношення мінливості ділової частини до загальної мінливості діаметра деревостану; R_1 та R_2 – мінімальний і максимальний діаметри у модальному деревостані відповідно.

Також як функцію від середнього діаметра (D) встановлено залежність між часткою ділових стовбурів (P_{dil}) і віком (A) модальних соснових деревостанів:

$$P_{dil} = 56,5 + 3,56 \cdot D - 8,1 \cdot 10^{-2} \cdot D^2. \quad (5)$$

На рис. 1 наведено графік розподілу загальної кількості стовбурів, побудований для 40-70-річних модальних соснових деревостанів на основі вище представлених (формули 1-5) параметрів β-розподілу.

На графіку 1000 стовбурів умовно відповідають загальній кількості дерев у деревостані, тобто 100% усіх дерев.

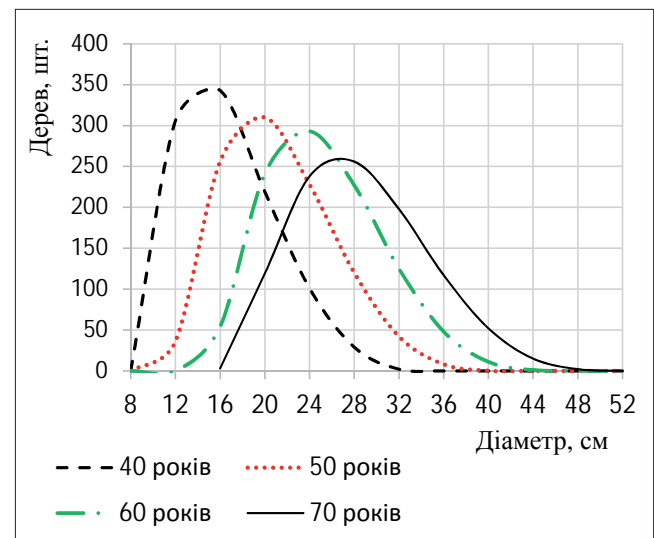


Рис. 1. Розподіл стовбурів за діаметром у модальних соснових деревостанях залежно від середнього діаметра

Fig. 1. Distribution of trunks by diameter in modal pine stands depending on the average diameter

Для моделювання динаміки товарної структури соснових деревостанів використано регіональні таблиці ходу росту (Ловинська, 2021), таблиці розподілу об'єму ділових стовбурів сосни за класами й підкласами товщини (Лісотаксаційний довідник, 2020) та наведені вище параметри будови за діаметром. Класи та підкласи товщини ділової деревини встановлювали за середнім діаметром колод без кори: D1b – 14,5-19,4 см, D2a – 19,5-25,4 см, D2b – 25,5-29,4 см, D3a – 29,5-34,4 см, D3b – 34,5-39,4 см, D4 – 39,5-49,4 см.

Отримані результати щодо розподілу загального запасу на категорії (ділова, дрова та відходи), а також виходу ділової деревини за класами товщини, були вирівняні та змодельовані з високим ступенем точності ($R^2 = 0,99$), причому для моделювання використовували поліноми 2-3-го ступенів як функцію від віку деревостану (табл. 3).

Таблиця 3

Коефіцієнти для поліномальних рівнянь моделей розподілу запасу модальних соснових деревостанів за категоріями деревини

Table 3. Coefficients to polynormal equations of models of stock distribution of modal pine stands by wood categories

Найменування категорій запасу	Найменування коефіцієнтів поліномальних рівнянь			
	a_0	a_1	a_2	a_3
Загальний	-199,8	13,80	-0,091	-
Дрова	197,8	-3,30	0,0157	-
Відходи	-37,0	1,69	-0,0119	-
Ділова	-362,3	15,45	-0,0157	-
D1b	-520,7	30,19	-0,4847	0,0024
D2a	16,08	-5,26	0,2115	-0,0018
D2b	211,5	-14,63	0,3129	-0,0019
D3a	75,07	-3,58	0,0436	-
D3b	115,5	-4,28	0,040	-
D4	-25,0	0,40	-	-

Графічна інтерпретація результатів моделювання представлена на рис. 2.

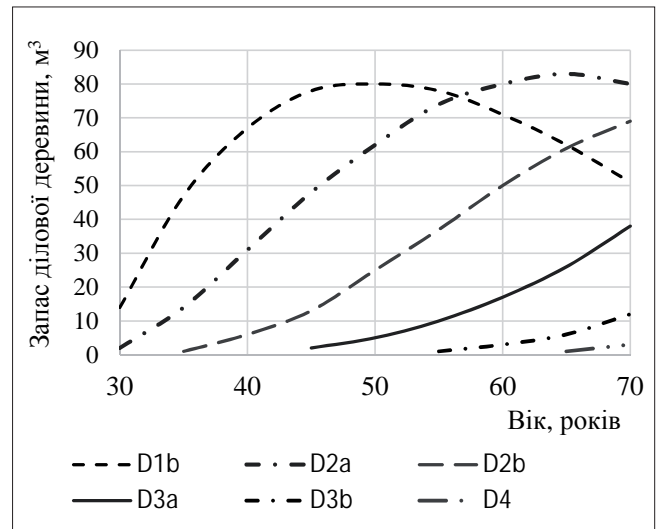


Рис. 2. Вихід ділової деревини за класами товщини у модальних соснових деревостанах I класу бонітету Придонецького Степу України

Fig. 2. Yield of commercial timber by thickness classes in modal pine stands of site class 1 in the Prydonetskyi Steppe of Ukraine

Нормативи динаміки товарності модальних соснових деревостанів, які наведено у табл. 4, розраховували за методикою, розробленою на кафедрі лісової таксації і лісовпорядкування НУБіП України (Кашпор, 1999). При цьому об'єм дров'яної деревини встановлювали як суму об'єму дров'яних стовбурів і дров'яної деревини з ділових дерев. Максимальну середню зміну запасу ділової деревини ($3,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$) відзначено у віці 60 років. У деревостанах старшого віку вона зменшується переважно внаслідок погіршення стану деревостанів.

Таблиця 4

Динаміка товарної структури модальних соснових деревостанів I класу бонітету

Table 4. Dynamics of commodity structure of modal pine stands of site class 1

Вік, років	Середні		Запас, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	Запас ділової деревини за класами товщини, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$							Дрова	Відходи
	H, м	D, см		D1b	D2a	D2b	D3a	D3b	D4	Разом		
30	10,6	12,6	131	14	2	-	-	-	-	16	112	3
35	12,9	15,1	172	47	14	1	-	-	-	62	102	8
40	15,0	17,5	208	67	31	6	-	-	-	104	92	12
45	16,9	19,7	238	78	48	13	2	-	-	141	83	15
50	18,6	21,9	263	80	62	25	5	-	-	172	73	18
55	20,1	23,9	283	78	74	37	10	1	-	200	63	20
60	21,4	25,8	298	71	80	50	17	3	-	221	55	22
65	22,6	27,6	312	62	83	61	26	6	1	239	49	23
70	23,6	29,3	322	51	80	69	38	12	3	253	46	23

Дискусія (Discussion). Порівняння отриманих результатів розподілу стовбурів за діаметром з даними для Полісся та Лісостепу (Гірс, 2011; Свинчук, Зібцев, Гуменюк, 2014) свідчить, що мінливість діаметрів у соснових деревостанах Придонецького Степу є меншою (23,7%) порівняно з 30,1% для Лісостепу й Полісся та 41,2% – для заповідних лісів Центрального Полісся.

Варто зазначити, що нормативи динаміки товарної структури модальних соснових деревостанів побудовані за новими даними щодо розподілу об'єму ділових стовбурів за класами і підкласами товщини (Лісотаксаційний довідник, 2020), узгодженими з європейськими підходами щодо таксації круглих лісоматеріалів (DSTU EN 1315-2-2001). У перспективі доцільно здійснити додаткові дослідження для визначення закономірностей розподілу деревини за класами якості та динаміки товарної структури за цим показником.

Висновки (Conclusions). Соснові деревостани регіону досліджень за структурою істотно відрізняються від соснових деревостанів Лісостепу і Полісся України: мінливість діаметрів у соснових деревостанах Придонецького Степу є меншою. Між показником відносної мінливості діаметра дерев і середнім значенням цієї таксаційної ознаки існує слабкий обернений зв'язок. Розподіл дерев за діаметром характеризується переважно гостроверхою кривою з правосторонньою асиметрією. Оптимальною для об'єкта дослідження є модель β -розподілу стовбурів сосни звичайної за діаметром.

Представлені нормативи таксаційної будови та динаміки товарної структури модальних соснових деревостанів з урахуванням товаризації ділової деревини за класами товщини можуть суттєво підвищити якість ведення лісового господарства й точність визначення таксаційних показників соснових деревостанів Придонецького Степу. Доцільність використання розроблених нормативів потрібно встановити за результатами дослідно-виробничої перевірки.

Список літератури (References)

Білоус, А.М., Кашпор, С.М., Миронюк, В.В. (2020). Лісотаксаційний довідник. Дніпро: Ліра. 360 с. [Bilous, A. M., Kashpor, S. M., & Myroniuk, V. V. (2020). *Forest inventory handbook*. Dnipro: Lira. ISBN 978-966-981-403-6] (in Ukrainian)

Бугайов, С.М., Гірс, О.А., Пастернак, В.П. (2021). Закономірності розподілу дерев за діаметром та динаміка товарної структури вільхових деревостанів Слобожанського лісотипологічного району. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 12 (1), 17-24. [Buhaiov, S. M., Girs, O. A., & Pasternak, V. P. (2021). Patterns of diameter distribution and dynamics of marketability structure of alder stands in Slobozhanskyi forest typology district. *Ukrainian journal of forest and wood science*, 12 (1), 17-24. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2021.01.002>] (in Ukrainian)

Генсірук, С.А. (2002). Ліси України. Львів: Вид-во Наук. тов. ім. Шевченка. 496 с. [Gensiruk, S. A. (2002). *Forests of Ukraine*. Lviv: Shevchenko Scientific Society Publishing House] (in Ukrainian)

Гірс, О.А. (2011). *Стиглість деревостанів та використання деревних ресурсів у лісах різного функціонального призначення*. Корсунь-Шевченківський: Вид. Майдаченко І.С. [Girs, O. A. *Maturity of forest stands and use of wood resources in forests of different functional purposes*. Korsun-Shevchenkivskiy: Maydachenko I. S.] (in Ukrainian)

Гром'як, О.Ю., Гриник, Г.Г., Ярош, М.І. (2013). Дослідження особливостей морфолого-таксаційної будови соснових деревостанів у суборових умовах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23.1, 84-90. [Gromiak O. Yu., Hrynyk H. H., & Yarosh M. I. (2013) Research of morphological-assessments structure features of pine forest stands in fairly infertile pine site types. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23 (1), 226-231. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_1/84_Gro.pdf] (in Ukrainian)

ДСТУ EN 1315-2-2001 (2002). *Класифікація за розмірами. Частина 2. Круглі лісоматеріали хвойних порід*. (EN 1315-2:1997, IDT). [Чинний від 2002-01-01]. Вид. офіційне. Київ: Технічний комітет зі стандартизації [DSTU EN 1315-1:2001 (EN 1315-2:1997, IDT) (2002). *Dimensional classification – Part 2: Softwood round timber*. [Effective from January 01, 2002]. Official edition. Kyiv: Technical Committee for Standardization] (in Ukrainian)

Кашпор, С.М. (1999). Методичні основи складання нормативів динаміки товарної структури насаджень. *Науковий вісник Національного аграрного університету: лісівництво*, 17, 265-268 [Kashpor, S. M. (1999). Methodological bases of stand commodity structure dynamics creation. *Scientific bulletin of National Agrarian University*, 17, 265-268] (in Ukrainian)

Ловинська, В.М. (2021). Біопродуктивність соснових насаджень Байрачного Степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.03 / Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ. 44 с. [Lovynska V. M. *Biotic Productivity of Scots Pine Plantation within Ravine Steppe of Ukraine*: Doctoral dissertation abstract. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, Ukraine. Retrieved from http://library.znu.edu.ua/newbook/index.php?action=url/view&url_id=77099] (in Ukrainian)

Мерцало, М.В. (2018). Динаміка і продуктивність соснових деревостанів сухого лишайникового бору в умовах Західного Полісся *Науковий вісник НЛТУ України*, 28 (3), 48-51. [Mertsalo, M. V. (2018). Dynamics and productivity of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) stands of dry Lichen-Pine forests in West Polissya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 28 (3), 48-51. <https://doi.org/10.15421/40280310>] (in Ukrainian)

Никитин, К.Е., Швиденко, А.З. (1978). *Методи и техника обработки лесоводственной инфор-*

- мацци. Москва: Лесная промышленность. 271 с. [Nikitin, K.E., & Shvidenko, A.Z. (1978). *Methods and technique of data processing in forestry*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Остапенко, Б. Ф., Ткач, В. П. (2002). Лісова типологія. Харків: Харків. держ. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва [Ostapenko, B.F., & Tkach, V.P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: Kharkiv State Agrarian University] (in Ukrainian).
- Пастернак, В. П., Яроцький, В. Ю. (2009). Типологічна структура та біопродуктивність лісів ДП «Кремінське ЛМГ». *Лісівництво і агролісомеліорація*, 116, 130-135. [Pasternak, V.P., & 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)
- Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. (2006). СОУ 02.02-37-476:2006. [Чинний від 2007-05-01]. Київ: Мінагрополітики України [Forest inventory sample plots. Establishing method. (2006). Corporate standard 02.02-37-476:2006]. Valid from May 1, 2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine] (in Ukrainian)
- Приходько, О. Б., Пастернак, В. П., Яроцький, В. Ю. (2019). Стан, структура і продуктивність соснових лісів ДП «Лиманське ЛГ». *Лісівництво і агролісомеліорація*, 135, 24-29. [Prihodko, O.B., Pasternak, V.P., & Yarotsky, V. Yu. (2019). Condition, structure and productivity of pine forests of SE «Lymanske Forestry». *Forestry and Forest Melioration*, 135, 24-29. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.24>] (in Ukrainian)
- Свинчук, В. А., Зібцев, С. В., Гуменюк, В. В. (2014). Особливості таксаційної будови штучних соснових деревостанів заповідних лісів Центрального Полісся України. Науковий вісник НУБіП України, 198, 53-57. [Svynchuk, V.A., Zibtsev, S.V., & Gumeniuk, V.V. (2014). Taxation building features of artificial Scots pine stands of protected forests in Central Polissya of Ukraine. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 198, 53-57. Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lisivnytstvo/article/view/1069>] (in Ukrainian)
- Тарнопільська, О. М. (2012). *Особливості росту і формування штучних соснових насаджень Лівобережного Степу та Лісостепу*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.03 / Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. Харків. 20 с. [Tarnopilska, O.M. (2012). Features of growth and formation of artificial pine plantations of the Left Bank Steppe and Forest-Steppe: PhD dissertation abstract. The G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. Kharkiv, Ukraine. Retrieved from <http://www.disslib.org/osoblyvosti-rostu-i-formuvannja-shhtuchnykh-sosnovykh-nasadzhen-livoberezhnoho-stepu-ta.html>] (in Ukrainian)
- Gritsan, Y.I., Lovynska, V.M., & Sytnyk, S.A. (2018). Radial increment dynamics in *Pinus sylvestris* stands within the Northern Steppe of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 26 (3), 213-217. <https://doi.org/10.15421/011832>
- Lovynska, V., & Sytnyk, S. (2016). The structure of Scots pine and Black locust forests in the Northern Steppe of Ukraine. *Journal of Forest Science*, 62 (7), 329-336. <https://doi.org/10.17221/120/2015-JFS>
- Lovynska, V.M., Sytnyk, S.A., Maslikova, K.P., & Gritsan, Y.I. (2017). Analysis of the productivity of pine stands in plantations in the Northern Steppe of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 25 (1), 39-44. <https://doi.org/10.15421/011706>
- Matuszkiewicz, J.M., Kowalska, A., Kozłowska, A., Roo-Zielińska, E., & Solona, J. (2013). Differences in plant-species composition, richness and community structure in ancient and post-agricultural pine forests in central Poland. *Forest Ecology and Management*, 310 (15), 567-576. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.060>
- Stefańska-Krzaczek, E., Staniaszek-Kik, M., Szczepańska, K., & Szymura, T.H. (2019). Species diversity patterns in managed Scots pine stands in ancient forest sites. *PLoS ONE* 14 (7), e0219620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219620>
- Vacek, S., Vacek, Z., Bilek, L., Simon, J., Remeš, J., Hůnová, I., ... Mikeska, M. (2016). Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica*, 50 (4), article id 1564. 21 p. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1564>

Structure of pine stands in the Pridonetsk Steppe of Ukraine

V. Pasternak¹, O. Prihodko², O. Girs³

An analysis of Scots pine distribution in the forest fund of the study region was carried out and forest-mensurational indexes were determined in the areas under pine stands. The pine stands of three enterprises under study are described according to the following

¹ Volodymyr P. Pasternak – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (agricultural sciences), professor, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38-057-707-80-44. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

² Olexiy B. Prihodko – Head, State Enterprise «Lymanske Forest Economy», 1a K. Gasieva st., Lyman, 84404, Ukraine. Tel.: +38-097-358-97-49. E-mail: prihodkoab@gmail.com

³ Olexandr A. Girs – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), Professor. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony st., Kyiv, 03041, Ukraine. E-mail: aagirs@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-8855>

characteristics: forest type, density of stocking and productivity. The taxation structure of pine stands in the conditions of the study region is considered. To study the structure of *Pinus sylvestris* L. stands, experimental data collected on temporary sample plots in stands of the Prydonetskyi Steppe were used. Processing of experimental data in order to obtain information about the parameters of the distribution series by diameter was performed using applications (MS Excel, STRUK, BUDOVA). The average diameter, coefficient of variability, minimum and maximum reduction numbers, indicators of skewness and kurtosis were calculated, as well as statistical processing of the array of experimental data was performed.

An analysis of the distribution of trees by Kraft's classes showed that class 2 prevailed (75.4%), the share of trees of class 3 is 12.3%, class 1 – 2.5%, class 4 – 1.5%, class 5 – 8.3%. The average values of the skewness of the diameter distributions are 0.33; kurtosis – -0.08. The distribution of trees by diameter is characterized mainly by a sharp-topped curve with right-handed asymmetry. The models of diameter variability, the ratio of variability of the share of marketable trunks to the total variability of the stand diameter are calculated, taking into account the minimum and maximum diameters of modal stands. According to the results of the correlation analysis, the closest correlation is found between diameter and the maximum and minimum reduction numbers, slightly less close relationship is revealed between age and diameter and maximum and minimum reduction numbers. According to the results of comparison of

the pine stands of the Prydonetskyi Steppe of Ukraine with the data for Polissia, it was found that the latter showed greater variability in diameter, which is primarily due to forest site conditions in the region and the management regime. The calculations of diameter distribution models of pine trunks have shown that the β -distribution is optimal for this object of study. The relationship between the share of marketable trunks and the age of modal pine stands has been revealed.

Tables have been developed for the dynamics of commodity structure of modal pine stands, taking into account the distribution of volumes of marketable trunks by diameter classes, consistent with European approaches to evaluation of round timber. To model the dynamics of the commodity structure of pine stands, regional tables of growth of the Prydonetskyi Steppe, tables of distribution of the volume of industrial trunks of pine by classes and subclasses of diameters and structure parameters by diameter are used. The maximum average stock change of commercial timber ($3.7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$) was observed at an age of 60 years. The presented standards of tree distribution by diameter and dynamics of commodity structure of modal pine stands, taking into account the composition of marketable timber by diameter classes, can significantly improve the quality of forestry and the accuracy of determining evaluation indicators of pine stands of the Prydonetskyi Steppe.

Key words: *Pinus sylvestris* L.; modal stands; Kraft's classes; diameter distribution; commodity structure dynamics.