ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ДЕРЕВ ЗА ДІАМЕТРОМ ТА ДИНАМІКА ТОВАРНОЇ СТРУКТУРИ ВІЛЬХОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ СЛОБОЖАНСЬКОГО ЛІСОТИПОЛОГІЧНОГО РАЙОНУ

С. М. БУГАЙОВ, кандидат сільськогосподарських наук

e-mail: bugaevsergej@ukr.net

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

О. А. ГІРС, доктор сільськогосподарських наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-7633-8855>, e-mail: aagirs@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. П. ПАСТЕРНАК, доктор сільськогосподарських наук, професор

e-mail: pasternak65@ukr.net

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

Проведено огляд літературних джерел щодо розподілу дерев за діаметром та оцінювання товарної структури вільхових деревостанів Слобожанського лісотипологічного району та України в цілому, встановлено актуальність такого дослідження. Наведено зіставлення лісотипологічного і лісогосподарського районування для чіткішого виокремлення регіону дослідження як передумови для створення регіональних нормативів для ведення лісового господарства. Здійснено аналіз поширення вільхи чорної (клеякої) у лісовому фонді регіону дослідження та вивчено лісівничо-таксаційні показники на ділянках під вільшаниками. Встановлено розподіл чорновільхових деревостанів регіону за походженням, типами лісу, повнотою та продуктивністю. Розглянуто таксаційну будову й товарну структуру чорновільхових деревостанів в умовах регіону дослідження. Розраховано моделі мінливості діаметра модального деревостану, відношення мінливості ділової частини до загальної мінливості діаметра деревостану, з урахуванням мінімального та максимального діаметрів у модальному деревостані. Встановлено залежність між часткою ділових стовбурів і віком модальних вільхових деревостанів вегетативного походження. Побудовано таблиці динаміки товарної структури модальних вільхових деревостанів з урахуванням розподілу об'ємів ділових стовбурів за класами і підкласами товщини, узгодженими з європейськими підходами щодо таксації круглих лісоматеріалів. При складанні нормативів застосовано попередньо розроблені нормативи ходу росту модальних вільшаників вегетативного походження Слобожанського лісотипологічного району. Проведено порівняльний аналіз динаміки виходу ділової деревини в модальних вільшаниках за різними стандартами. За результатами порівняння розроблених для Слобожанського лісотипологічного району нормативів із нормативами, розробленими для всієї України, встановлено, що у останніх вихід ділової деревини істотно вищий, що насамперед пов'язано з лісорослинними умовами регіону та вегетативним походженням деревостанів.

Ключові слова: модальні деревостани, вільха чорна (клеяка), товарність, класи товщини.

Актуальність. Лісове господарство має важливе значення для національної економіки, окрім того, ліси відіграють важливу роль для здоров'я люди-

ни, підтримання природної рівноваги, тому проблема розвитку лісового господарства поступово набуває пріоритетного значення в Україні. На сучас-

ному етапі актуальним є розроблення відповідних нормативно-інформаційних матеріалів для оцінювання і прогнозування росту головних лісоутворювальних видів з урахуванням зональних особливостей.

За даними державного обліку лісів України, станом на 1 січня 2011 р. вільха чорна (клейка) (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) є одним із поширених м'яколистяних видів на території України: займає площу майже 255 тис. га, або 4,2 % лісового фонду України, запаси вільхових деревостанів становлять близько 27 млн. м³ (Forest Fund of Ukraine, 2011). Деревина вільхи є цінною для народного господарства, передусім це пов'язано з можливістю заготівлі фанерного кряжу. Тому важливим при дослідженні вільшаників є визначення показників динаміки товарності.

З огляду на це, розроблення нормативів для вільхових деревостанів вегетативного походження з урахуванням регіональних особливостей є актуальним для збалансованого ведення господарства в них.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженням продуктивності, таксаційної будови та товарної структури деревостанів вільхи чорної різних регіонів України присвячено роботи багатьох науковців (Romashov, 1964; Davydov, 1978; Tkach, 1999; Storozhenko & Pasternak, 2009; Girs, 2011; Blyshchyk, 2015). За результатами дослідження білоруських учених встановлено, що розподіл за кривою Грама–Шарльє забезпечує добру апроксимацію дослідних даних (Baginsky, Katkov & Uss, 2017). Польські вчені встановили, що метод процентилів дуже точно прогнозував розподіл діаметрів і перевершував модель Вейбулла, однак його застосування слід обмежити насадженнями, старши-

ми ніж 20 років (Pogoda, Ochał & Orzeł, 2019).

М. В. Давидов склав таблиці ходу росту та динаміки товарності повних порослевих деревостанів вільхи чорної (Tables, 1958). Недоліком цих таблиць є те, що вони були розроблені для значної території і не враховують регіональні особливості формування деревостанів.

Нашими попередніми дослідженнями (Pasternak & Buhaiov, 2016; Buhaiov, 2017) встановлено, що у вільхових деревостанах I і I^a класів бонітету розподіл стовбурів за ступенями товщини суттєво відрізняється. Зокрема, у віці 30 років вільшаники, які ростуть за I класом бонітету, мають менший середній діаметр, і близько 80 % дерев належать до трьох найменших ступенів товщини. У деревостанах I^a бонітету кількість ступенів товщини є більшою, а розподіл за ступенями – більш рівномірним. Із віком розподіл стовбурів у насадженнях I бонітету вирівнюється, при цьому більшість стовбурів концентруються у трьох середніх ступенях товщини. У насадженнях I^a бонітету відбувається більша диференціація, а в їхній структурі раніше з'являються стовбури з діаметром, значно більшим від середнього.

Метою дослідження є встановлення особливостей таксаційної будови та товарної структури деревостанів вільхи чорної Слобожанського району.

Матеріали і методи дослідження. За лісогосподарським районуванням регіон досліджень (Слобожанський район лісотипологічної області свіжого грунту (2 d) (Ostapenko & Tkach, 2002)) займає частину Лівобережно-Дніпровського (Північний та Південний райони Полтавської рівнини) і Середньоруського лісостепових округів Лісостепової області (Gensiruk, 2002).

1. Статистична характеристика таксаційних показників насаджень пробних площ

Таксаційний показник	Статистика					
	$\bar{X}$	σ	Es	As	min	max
A , років	54,7	20,06	-0,25	0,59	24,0	105,0
D , см	24,6	7,58	0,18	0,69	13,5	47,3
H , м	22,0	3,59	-0,48	-0,15	14,0	30,2
G , м ² ·га ⁻¹	26,1	5,07	1,19	0,45	13,3	45,0
P	0,78	0,12	1,62	0,89	0,53	1,25

Для детального вивчення таксаційної будови та товарної структури використано 80 пробних площ у чорновільхових деревостанах вегетативного походження, на 15 із них було відібрано модельні дерева (Buhaiov & Pasternak, 2020). На зрубаних модельних деревах проводили повний аналіз стовбура й встановлення виходу розмірно-якісних категорій деревини. Із загальної кількості пробних площ потрібно виділити чотири постійні пробні площі, на яких заміри проводили раз на п'ять років (у 2005, 2010, 2015 і 2020 рр.).

Аналіз пробних площ за основними таксаційними показниками підтверджує, що підібрані для дослідження деревостани за походженням, складом, класом бонітету, відносно повнотою та типами лісу відповідають найпоширенішим умовам формування вільшаників у Лівобережному Лісостепу України.

Результати польових та лабораторних досліджень було опрацьовано з використанням прикладних програм MS Excel, SPSS і Statistica.

Із метою виявлення закономірностей розподілу таксаційних показників вільхових деревостанів та визначення однорідності дослідних даних було проведено їхній статистичний аналіз. Основні характеристики – середнє арифметичне ($\bar{X}$), середнє квадратичне відхилення (σ), асиметрія (As), ексцес (Es), мінімальне (min) та максимальне

(max) значення у натуральних величинах – для досліджуваних деревостанів вільхи клейкої наведено в табл. 1.

Аналіз статистичних показників свідчить, що для віку (A), середнього діаметра (D), середньої висоти (H), суми площ поперечних перерізів (G) показники асиметрії та ексцесу в натуральних величинах не перевищують допустимі значення ($As < 1,0$; $Es < 1,2$). Для висоти визначено лівосторонню асиметрію, тоді як для інших досліджуваних показників – правосторонню. Розподіл значень віку та середньої висоти характеризується гостровершинною кривою, інших показників – туповершинною. Досліджувана база даних пробних площ достатньо повно описує насадження вільхи чорної і придатна для моделювання таксаційної будови та товарної структури.

Для визначення ступеня тісноти зв'язку між таксаційними показниками вільхових деревостанів Лівобережного Лісостепу України на пробних площах було побудовано кореляційну матрицю (табл. 2).

Аналіз отриманих коефіцієнтів кореляції підтверджує наявність тісного зв'язку між такими показниками, як середній вік (A), середній діаметр (D), середня висота (H). Відповідні коефіцієнти кореляції мають значення від 0,84 до 0,91. Статистично значущими є зв'язки кількості дерев із середньою висотою (H), середнім віком (A) і середнім діаметром (D). Сума площ по-

2. Кореляційна матриця основних таксаційних показників ПП

Показник	<i>A</i> , років	<i>H</i> , м	<i>D</i> , см	<i>N</i> , шт.	<i>P</i>	<i>G</i> , м ² ·га ⁻¹
<i>A</i> , років	1,00	0,84	0,91	-0,66	-0,43	0,48
<i>H</i> , м		1,00	0,86	-0,78	-0,42	0,67
<i>D</i> , см			1,00	-0,71	-0,43	0,53
<i>N</i> , шт.				1,00	0,47	-0,45
<i>P</i>					1,00	0,35
<i>G</i> , м ² ·га ⁻¹						1,00

перечного перерізу (*G*) має тісний кореляційний зв'язок лише із середньою висотою (*H*) – 0,67, з іншими таксаційними показниками значущого зв'язку не виявлено.

Побудову теоретичних рядів розподілу за діаметром було проведено за методикою, опрацьованою на кафедрі лісової таксації та лісовпорядкування НУБіП України. Після сформування бази даних переліків за допомогою програми STRUK було отримано параметри їхньої будови.

Результати дослідження та їх обговорення. За даними повідільної бази «Лісовий фонд» станом на 1 січня 2011 р., чорновільхові лісостани в регіоні дослідження займають площу понад 26,6 тис. га з запасом деревини 4789,0 тис. м³. За походженням 68 % чорновільхових деревостанів є вегетативного походження та 32 % – насінневого. У регіоні дослідження деревостани вільхи чорної характеризуються високою продуктивністю. Зокрема, насадження І класу бонітету займають майже 35 % загальної площі вільшняків, II – 29 %, I^a – 15 %.

У Слобожанському районі найчастіше трапляються середньоповнотні деревостани з відносною повнотою 0,7 – 0,8 (44,3 %). Також значні площі займають деревостани з повнотою 0,8 – 0,9 (24,1 %). Частка низькоповнотних насаджень є незначною. Переважними типами лісу в умовах Слобожанського району є сирий чорновільховий сугруд (C₄-Влч) та сирий

чорновільховий груд (D₄-Влч) (Buhaiov & Pasternak, 2020).

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

Результати моделювання представлено формулами:

$$V = -31,81 + 4,837 \cdot D - 0,1298 \cdot D^2 + 0,00107 \cdot D^3, \quad (1)$$

$$W = 1,03 - 7,47 \cdot 10^{-3} \cdot P_{dil} + 7,1 \cdot 10^{-5} \cdot P_{dil}^2, \quad (2)$$

$$R_1 = 0,51 - 1,47 \cdot 10^{-2} D + 3 \cdot 10^{-4} \cdot D^2, \quad (3)$$

$$R_2 = 2,16 - 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot D, \quad (4)$$

де *V* – мінливість діаметра модального деревостану;

W – відношення мінливості ділової частини до загальної мінливості діаметра деревостану;

*R*₁ та *R*₂ – відповідно мінімальний та максимальний діаметри у модальному деревостані.

Також, як функцію від середнього діаметра (*D*), було встановлено залежність між часткою ділових стовбурів (*P*_{dil}) і віком (*A*) модальних вільхових деревостанів вегетативного походження:

$$P_{dil} = -22,5 + 5,727 \cdot D - 8,62 \cdot 10^{-2} \cdot D^2. \quad (5)$$

На рисунку наведено графік загального числа стовбурів для 50–80-річних модальних вільхових деревостанів на основі зазначених вище (формули 1–5) параметрів бета-розподілу.

Рис. Розподіл стовбурів за діаметром у модальних вільхових деревостанах вегетативного походження

На графіку 1000 стовбурів умовно відповідають загальній кількості дерев у деревостані, тобто 100 % усіх дерев. Також було побудовано ряди ділової частини деревостанів.

Закономірності таксаційної будови є теоретичною основою побудови нормативів (таблиць товарної структури та динаміки товарності). Для моделювання динаміки товарної структури вільхових деревостанів вегетативного походження було використано регіональні таблиці ходу росту (Buhayov & Pasternak, 2020), таблиці розподілу об’єму ділових стовбурів вільхи за класами та підкласами

товщини (Forest inventory handbook, 2020) та наведені вище параметри будови за діаметром. Класи та підкласи товщини ділової деревини встановлювали за серединним 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. Нормативи розраховували за розробленою на кафедрі лісової таксації і лісовпорядкування НУБіП України методикою (Kashpor, 1999).

Динаміку товарності модальних вільхових деревостанів I класу бонітету наведено у табл. 3.

3. Динаміка товарної структури модальних вільхових деревостанів вегетативного походження Слобожанського лісотипологічного району

Вік, років	Середні		Запас, м ³ ·га ⁻¹	Ділова деревина за класами товщини							Дрова	Відходи
	Н, м	D, см		D1b	D2a	D2b	D3a	D3b	D4	Разом		
30	18,4	16,0	208	24	3					27	175	6
35	19,5	17,6	226	36	9	1				46	170	10
40	20,6	19,1	240	42	19	3				64	163	13
45	21,5	20,6	253	45	29	7				81	155	17
50	22,3	22,1	264	45	36	14	2			97	147	20
55	23,0	23,5	274	43	39	22	5			109	143	22
60	23,6	24,9	283	40	40	30	9	1		120	138	25
65	24,2	26,3	291	36	40	36	14	3		129	135	27
70	24,7	27,7	298	33	38	41	20	5	1	138	131	29
75	25,1	29,1	304	29	36	44	25	9	2	145	128	31
80	25,5	30,5	310	25	33	46	31	13	4	152	125	33

Слід зауважити, що нормативи динаміки товарної структури модальних вільхових деревостанів побудовані на принципово нових даних про розподіл об'єму ділових стовбурів від 16 см і більше за класами і підкласами товщини (Forest inventory handbook, 2020), узгодженими з європейськими підходами щодо таксації круглих лісоматеріалів (DSTU EN 1315-1: 2001, 2002). Об'єм дров'яної деревини встановлювали як суму об'єму дров'яних стовбурів та дров'яної деревини з ділових дерев.

Ми також провели порівняльний аналіз динаміки виходу ділової деревини в модальних вільшаниках за різними стандартами (таксація ділової деревини за верхнім та серединним діаметром) (табл. 4).

Як видно з табл. 4, вихід ділової деревини значно нижчий (на 7–57 %) за її оцінювання не за верхніми, а за серединними діаметрами, причому найбільший вплив – у молодшому віці деревостанів. Останнє положення пояснюється тим, що за європейськими стандартами дерева від 8-го до 16-го

ступенів товщини фактично не мають ділової деревини.

Якщо порівняємо розроблені для Слобожанського лісотипологічного району нормативів з нормативами, розробленими для всієї України (Girs, 2007), зауважимо, що у останніх вихід ділової деревини істотно вищий, що пояснюється особливостями формування деревостанів регіону дослідження та вегетативним походженням. Зменшення частки ділової деревини у вільхових деревостанах вегетативного походження після 60-річного віку встановлено також у дослідженнях В. П. Ткача (Tkach, 1999).

Висновки і перспективи. Результати аналізу свідчать про те, що вільхові деревостани регіону досліджень за динамікою росту і товарності істотно відрізняються від деревостанів Полісся України. Тому представлені в цій роботі нормативи таксаційної будови та динаміки товарної структури модальних вільхових деревостанів з урахуванням європейських підходів щодо таксації круглих лісоматеріалів можуть суттєво підвищити якість ведення лісо-

4. Порівняльний аналіз оцінки динаміки розмірно-якісної структури вільхових модальних деревостанів вегетативного походження за чинними та європейськими стандартами

Вік, років	Ділова частина модального деревостану, м ³ ·га ⁻¹			Відхилення за виходом ділової деревини	
	стовбуровий запас	запас ділової деревини		м ³ ·га ⁻¹	%
		за старими нормативами	за європейськими стандартами		
30	87	64	27	-37	-57,5
35	111	81	46	-35	-43,2
40	129	94	64	-30	-32,0
45	146	107	81	-26	-24,0
50	163	119	97	-22	-18,5
55	177	129	109	-20	-15,6
60	190	139	120	-19	-13,5
65	200	146	129	-17	-11,6
70	210	153	138	-15	-10,0
75	218	159	145	-14	-8,9
80	225	164	152	-12	-7,5

вого господарства та точність визначення таксаційних показників вільхових деревостанів Слобожанського регіону.

Доцільність використання розроблених нормативів слід встановити за

результатами дослідно-виробничої перевірки. Для визначення закономірностей розподілу деревини за класами якості у вільхових деревостанах потрібно провести додаткові дослідження.

Список літератури

- Baginsky, V., Katkov, N. & Uss, E. (2017). Peculiarities of black alder stands' structure in Belarussian forests. *Scientific Journal of NULES of Ukraine*, 266, 9–15 [in Russian].
- Bilous, A. M. (Ed.). (2020). *Forest inventory handbook*. Kyiv [in Ukrainian].
- Blyshchuk, V. I. (2015). Net Primary Production of Black Alder Stands of Ukrainian Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 25 (8), 43–48 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/40250806>
- Buhaiov, S. M., & Pasternak, V. P. (2020). *Alder forests of the left-bank forest-steppe of Ukraine: state and productivity*. Kharkiv: KhNAU [in Ukrainian].
- Buhaiov, S. M., Pasternak, V. P., & Bila, Yu. M. (2019). Growing tables of modal alder stands of vegetative origin of Ukrainian Left-Bank Forest-Steppe. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29 (3), 13–17 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/4029030>
- Buhaiov, S. M. (2017). The commodity structure of alder stands in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, 1, 185–193 [in Ukrainian].
- Davydov, M. V. (1978). *Alder*. Moscow: Forest Industry [in Russian].
- DSTU EN 1315-1: 2001 (2002). "Dimensional classification. Part 1. Deciduous round timber". Kyiv: State Standard of Ukraine [in Ukrainian].
- Forest Fund of Ukraine (State as 01.01.2011). Reference Book. (2012). Ukrainian State Project Enterprise "Ukrderzhlisproject" [in Ukrainian].
- Girs, O. A. (2007). Proposals for the substantiation of the age of the main felling in the alder forests of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 17 (7), 46–51 [in Ukrainian].
- Girs, O. A. (2011). *Maturity of forest stands and use of wood resources in forests of different functional purposes*. Korsun-Shevchenkivskyi: Izd. Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Kashpor, S. M. 1999. Methodical bases of stand commodity structure dynamics creation. *Scientific bulletin of National Agrarian University*, 17, 265–268 [in Ukrainian].
- Ostapenko, B. F. & Tkach, V. P. (2002). *Forest typology. Part 2*. Kharkiv, Kharkiv State agrarian university named after V. V. Dokuchayeva [in Ukrainian].
- Pasternak, V., & Buhaiov, S. (2016). Peculiarities of the taxation structure of alder stands of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Journal of NULES of Ukraine. Series of "Forestry and landscape gardening"*, 238, 39–48 [in Ukrainian].
- Pogoda, P., Ochał, W., & Orzeł, S. (2019) Modeling Diameter Distribution of Black Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) stands in Poland. *Forests*, 10 (5), 412. <https://doi.org/10.3390/f10050412>
- Romashov, N. V. (1964). Productivity and assortment structure of black alder stands in different forest zones of the Ukrainian SSR. *Forest science and forestry*. Kharkov, 18–26 [in Russian].
- Storozhenko, V. I., & Pasternak, V. P. (2009). Peculiarities of taxation structure of alder forest stands in the middle stream of Siversky Donets. *Forestry and Forest Melioration*, 115, 80–89 [in Ukrainian].
- Tables of growth and marketability of stands of tree species of Ukraine. (1958). Kyiv: State agricultural publishing house [in Ukrainian].
- Tkach, V. P. (1999). *Floodplain forests of Ukraine*. Kharkiv: Law [in Ukrainian].

Buhaiov S. M., Girs O. A., Pasternak V. P. PECULIARITIES OF DIAMETER DISTRIBUTION AND DYNAMICS OF MARKETABILITY STRUCTURE OF ALDER STANDS IN SLOBOZHANSKYI FOREST TYPOLOGY DISTRICT

A review of literary sources on the diameter distribution of trees and marketability structure of black alder stands in the Slobozhanskyi forest typological district and the whole of Ukraine is carried

out, the relevance of this study is established. Comparison of forest typological and forest management zoning is presented for a clearer identification of the study region, as a prerequisite for the creation of regional standards for forestry. The analysis of the distribution of black alder in the forest fund of the study region is carried out and the forestry and evaluation indicators of the alder forest stands are studied. The distribution of black alder stands of the region by origin, forest types, density of stocking and productivity has been evaluated. The evaluation indicators and marketability structure of black alder stands in the study region are considered. Models of the diameter variability of the modal stand, the ratio of the variability of the industrial timber part to the total dimensional variability of the stand, taking into account the minimum and maximum diameters in the modal stand, have been calculated. The relationship between the proportion of industrial timber and the age of modal alder stands of coppice origin has been established. The tables of the marketability structure dynamics of modal alder stands were created, taking into account the distribution of the volumes of industrial timber by dimensional classes, consistent with European approaches to round timber measurement. When compiling the standards, the previously developed yield tables of modal black alder stands of coppice origin of the Slobozhanskyi forest typological district, a comparative analysis of the dynamics of the output of industrial timber in modal black alder stands according to different standards is carried out. When comparing the standards developed for the Slobozhanskyi forest typological district with the standards developed for the whole of Ukraine, it was found that in the latter the output of industrial timber is significantly higher, which is primarily associated with the forest site conditions of the region and the coppice origin of forest stands.

Keywords: modal stands, black alder, marketability, dimensional classes.

Отримано: 2021-02-25