

УДК 630*17

В. П. ПАСТЕРНАК¹, В. В. НАЗАРЕНКО², Ю. В. КАРПЕЦЬ^{2*}
ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕРЕВИНИ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ
ТА ФІТОМАСА СОСНЯКІВ ЛІСОСТЕПУ ХАРКІВЩИНИ

1. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького
2. Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва

Розглянуто питання оцінювання щільності деревини сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у лісових насадженнях Лісостепу Харківщини. Визначено показники природної та базисної щільності. Встановлено, що вік дерева та його діаметр є найбільш інформативними ознаками, які визначають щільність деревини стовбура. Природна та базисна щільність деревини стовбурів сосни мають тенденцію до зростання до 80-річного віку. Базисна щільність деревини стовбурів сосни є мало мінливою, що свідчить про відносну стабільність щільності та механічних властивостей деревини сосни. Це є важливим для практичного використання деревини як сировини та матеріалу. Розроблено моделі залежності відношення окремих фракцій фітомаси до запасу деревостану від таксаційних показників і таблиці динаміки фітомаси соснових деревостанів.

Ключові слова: властивості деревини, сосна звичайна, природна щільність, базисна щільність, фітомаса.

Для ведення лісового господарства на принципах сталого розвитку важливо формувати насадження, що ефективно виконуватимуть різноманітні функції, зокрема середовищезахисні та сировинні. Одним із важливих показників деревини є її щільність. Щільність впливає на фізико-механічні властивості деревної сировини, що дає можливість використовувати її під час оцінювання якості деревини [1, 3]. На основі показників щільності деревини можливо оцінювати ефективність господарських заходів, спрямованих на підвищення продуктивності лісових насаджень та виконання ними екологічних функцій.

Однією із важливих складових досліджень продуктивності лісових насаджень є розробка нормативів динаміки таксаційних показників і фітомаси. В умовах дефіциту енергетичних ресурсів, погіршення екологічної ситуації необхідно проводити оцінювання фітомаси лісів як основного вугледепонуючого елемента суходолу. Для побудови моделей росту і продуктивності необхідне групування вихідних даних, що враховує особливості природних ліній розвитку деревостанів або типів росту. Під час побудови нормативів ходу росту дані групують як за типами лісу, так і за класами бонітету [4, 6, 10]. Групування даних за типами лісу ускладнюється значною дисперсією продуктивності та нерівномірністю шкали динаміки таксаційних показників за типами лісу. З іншого боку, безпосереднє застосування загальнобонітувальної шкали для групування даних виключає можливість побудови природних рядів росту і розвитку, оскільки криві ходу росту за висотою не завжди укладаються у бонітетну шкалу. Методично правильним є застосовувати лише масштаб цієї шкали, групуючи вихідні дані за рівнями продуктивності, що визначаються середньою висотою в базовому віці.

Мета досліджень – встановити показники щільності деревини та розробити нормативи динаміки фітомаси соснових деревостанів Лісостепу Харківщини.

Об'єкти та методика досліджень. Дослідження проводили на території ДП «Скрипаївське НДЛГ» та «Жовтневе ЛГ» в типових умовах місцезростання В₂-дС для сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на території Лісостепу Харківщини. Збір дослідних даних проводили на пробних площах, які закладали з урахуванням вимог стандарту організацій України «Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання» [7]. На ділянках оцінювали характеристики основних компонентів лісових насаджень, відбирали модельні дерева сосни звичайної кількістю 3–5 шт. Всього зрубано і обміряно 35 модельних дерев, проаналізовано понад 140 зразків деревини.

Для оцінювання щільності деревини стовбурів на модельних деревах випилювали

* © В. П. Пастернак, В. В. Назаренко, Ю. В. Карпець, 2014.

дослідні зрізи деревини на пні та відносних висотах стовбура (0,25h; 0,5h; 0,75h) [4]. Показники щільності встановлювали для поперечних перерізів товщиною 4–6 см. Природну щільність деревини визначали як відношення маси зразка до його об'єму у свіжозрубаному стані, а базисну – як відношення маси зразка в абсолютно сухому стані до його об'єму у свіжозрубаному стані [9]. Середню щільність деревини стовбурів сосни розраховували за формулою залежно від показників локальної щільності та діаметрів на відносних висотах стовбура [4].

Під час складання таблиць ходу росту модальних деревостанів використовували комбінований метод. При цьому динаміку висот встановлювали на основі даних аналізу ходу росту модельних дерев, а всі інші параметри встановлювали за допомогою регресійних залежностей на статистичному матеріалі пробних площ та бази даних «Лісовий фонд» [6].

Результати та обговорення. Нормативи росту модальних деревостанів відбивають реальний сучасний стан лісів, тому саме їх доцільно застосовувати під час оцінювання фактичної продуктивності лісових насаджень. Спочатку виконано групування соснових деревостанів за типами лісорослинних умов, а надалі за класифікаційну основу був вибраний бонітет. Після усереднення динаміки висот одержано характеристики росту у відносних величинах:

$$H / H_{\text{баз}} = 1,385 \cdot (1 - \exp(-0,0175 \cdot A))^{1,15} \quad (1)$$

Узгодженість побудованої кривої із модифікованою шкалою М. М. Орлова та високий рівень апроксимації встановленого рівняння дають можливість його застосування при групуванні експериментальних даних, аналізі та моделюванні ходу росту штучних соснових деревостанів у свіжому сосновому суборі Лісостепу Харківщини (рис. 1).

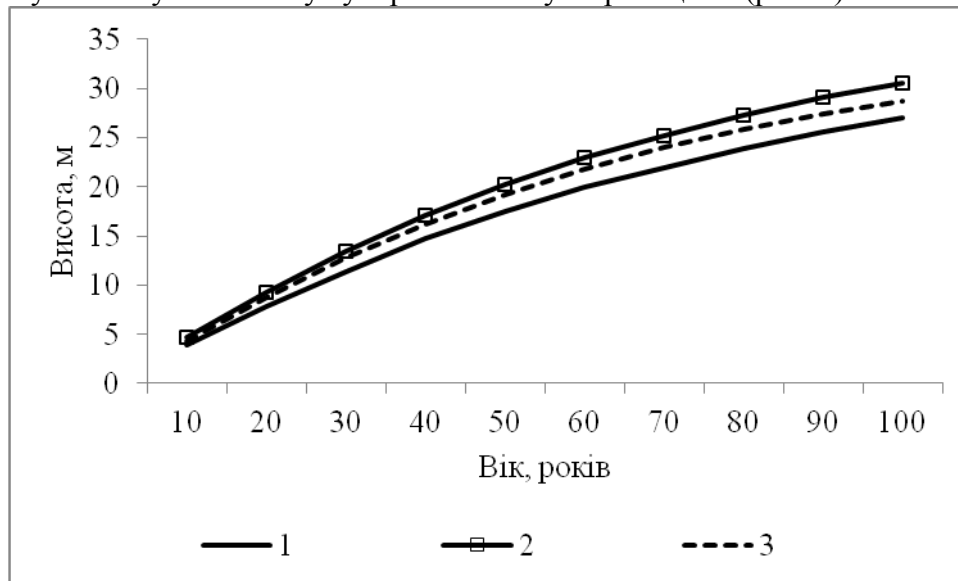


Рис. 1 – Динаміка середніх висот у свіжому дубово-сосновому суборі:
1, 2 – межі бонітетної шкали I бонітету; 3 – динаміка висот модальних соснових деревостанів свіжого соснового субору

Для встановлення показників динаміки фітомаси моделювали залежності відношення окремих фракцій фітомаси до запасу деревостану від таксаційних показників. Враховуючи достатню однорідність дослідних даних за рівнем повнот та продуктивності, для моделювання використали формулу: $R = a_0 \cdot A^{a_1}$ (табл. 1).

Для оцінювання однорідності структури стовбура, призначення та якості сортиментів, які можна заготовити з різних його частин, важливим є встановлення показників локальної щільності. Вона відбиває особливості формування деревини в тій чи іншій частині стовбура (окоренковій, середній, верхній). Унаслідок неоднорідності лісорослинних та погодних умов,

а також особливостей будови стовбура значення показників природної щільності на різних висотах стовбура характеризуються значною мінливістю.

Таблиця 1

Коефіцієнти рівнянь для встановлення динаміки фітомаси

Компоненти фітомаси	A_0	a_1	Коефіцієнт детермінації R^2
Стовбури	0,276	0,103	0,52
Гілки	0,165	-0,348	0,25
Хвоя	0,436	-0,745	0,48

Отримані результати оцінювання локальної щільності зрізів модельних дерев залежно від віку було розподілено на такі групи: 31–50 років, 51–70 років, понад 70 років, а також зроблено оцінки для загальної вибірки (табл. 2).

Таблиця 2

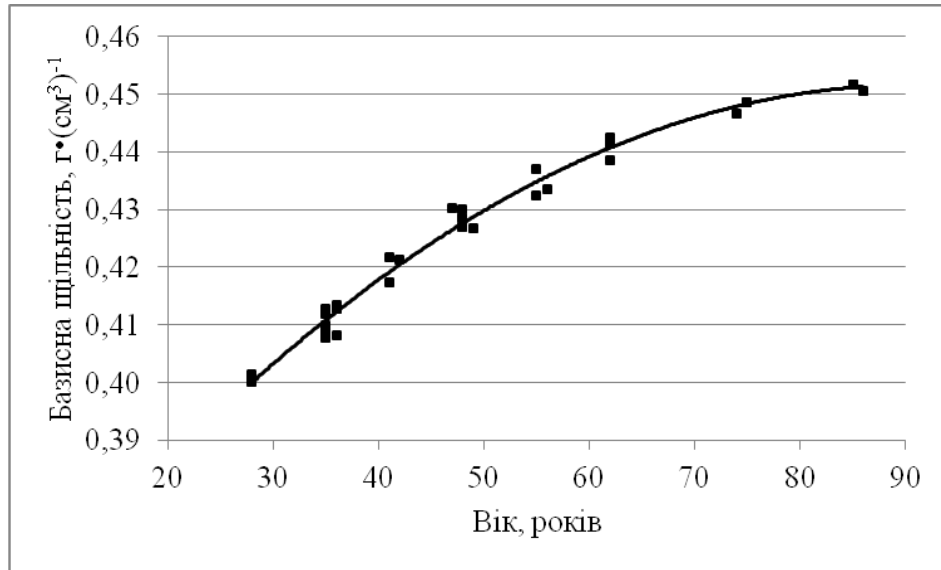
Локальна щільність деревини стовбурів сосни, $г \cdot (см^3)^{-1}$

Вік модельних дерев, років	Відносна висота стовбура			
	0	0,25h	0,5h	0,75h
природна				
31–50	0,933 ± 0,031	0,861 ± 0,022	0,891 ± 0,032	0,935 ± 0,025
51–70	0,946 ± 0,014	0,871 ± 0,031	0,895 ± 0,028	0,934 ± 0,024
71 і більше	0,952 ± 0,006	0,873 ± 0,004	0,894 ± 0,016	0,938 ± 0,012
У середньому	0,939 ± 0,027	0,865 ± 0,024	0,892 ± 0,029	0,935 ± 0,023
базисна				
31–50	0,433 ± 0,011	0,414 ± 0,010	0,405 ± 0,013	0,398 ± 0,014
51–70	0,456 ± 0,004	0,435 ± 0,006	0,430 ± 0,005	0,419 ± 0,006
71 і більше	0,470 ± 0,005	0,446 ± 0,003	0,436 ± 0,003	0,421 ± 0,004
У середньому	0,443 ± 0,017	0,423 ± 0,016	0,414 ± 0,019	0,406 ± 0,018

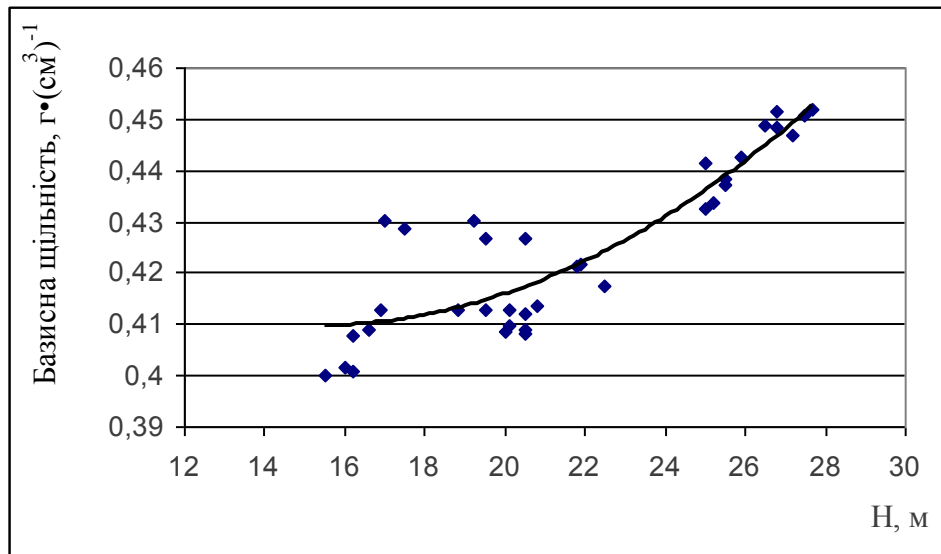
Як свідчить аналіз даних табл. 2, природна щільність деревини стовбурів на відносних висотах зменшується до висоти 0,25h, а потім рівномірно збільшується до верхівки. Це пов'язане насамперед з особливостями структури деревини на різних висотах стовбура. Показники базисної щільності деревини стовбурів за відносними висотами рівномірно зменшуються. Зіставлення одержаних нами даних щодо зміни локальної щільності деревини стовбурів сосни за висотою деревного стовбура з даними П. І. Лакиди [4] показує, що як для природної, так і для базисної щільності характер змін є подібним.

Важливою характеристикою, що дає можливість перераховувати об'ємні показники дерев і деревостанів у вагові, є середня щільність деревини стовбурів. Значення середньої природної та базисної щільності аналізували залежно від таксаційних показників дерев. Слід враховувати, що природна щільність характеризується значною мінливістю, оскільки вона залежить не лише від властивостей деревини, але й від її вологості. Відносна вологість відібраних зразків знаходиться у діапазоні від 42,5 до 54,5 %. Залежності середньої базисної щільності деревини сосни від основних таксаційних показників стовбурів мають нелінійний характер.

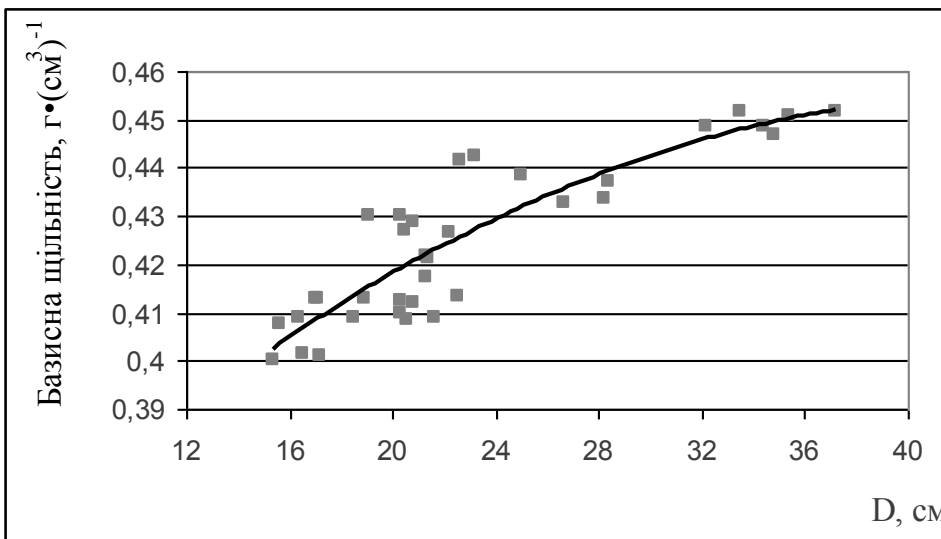
За результатами кореляційного аналізу визначені коефіцієнти кореляції, які для віку, висоти і діаметра стовбурів становлять 0,97, 0,83 та 0,85 відповідно. Таким чином, існує тісний зв'язок між досліджуваними показниками. Залежності абсолютних значень базисної щільності деревини сосни від віку, висоти та діаметра ($d_{1,3}$) модельних дерев досліджували графо-аналітичним способом (рис. 2).



a



б



в

Рис. 2 – Залежність базисної щільності деревини стовбурів сосни від віку (*a*), висоти (*б*) і діаметра (*в*)

Як свідчить аналіз результатів статистичної оцінки основних таксаційних показників модельних дерев (табл. 3), вік і діаметр характеризуються значною мінливістю, а розподіл дерев за ними суттєво відрізняється від нормального, тоді як для інших таксаційних показників мінливість і асиметрія є меншими.

Таблиця 3

Основні статистики таксаційних показників та середньої базисної щільності деревини стовбурів модельних дерев

Показник	Статистики				
	T_c	σ	$V, \%$	A	E
a , років	49	17,4	35,5	0,897	-0,298
$d_{1,3}$, см	23,1	6,2	26,8	0,988	-0,076
h , м	21,6	3,8	17,8	0,072	-1,282
$\rho_{ск}$, $г \cdot (см^3)^{-1}$	0,425	0,02	3,9	0,286	-1,230

Примітка. T_c – середнє значення, σ – середнє квадратичне відхилення, V – коефіцієнт мінливості, A – асиметрія, E – ексцес.

Розподіл усіх наведених таксаційних показників характеризується позитивною асиметрією та негативним ексцесом, що свідчить про зсув кривої розподілу до менших значень і плосковершинність розподілу за цими ознаками.

За допомогою регресійного аналізу розроблено однофакторну модель залежності базисної середньої щільності деревини стовбурів сосни звичайної від віку:

$$\rho_{ск} = 0,3434 + 0,0024 \cdot a - 0,0000133 \cdot a^2, (R^2 = 0,96), \quad (2)$$

де $\rho_{ск}$ – базисна середня щільність деревини стовбурів, $г \cdot (см^3)^{-1}$,
 a – вік дерева, років.

Оскільки базисна щільність деревини стовбурів сосни мало мінлива, то й показники експлуатаційної (за повітряно-сухої вологості) та нормалізованої щільності (12 %) будуть також близькими для деревини з різних частин дерева.

Визначальним показником для визначення запасу фітомаси у стовбурах дерев є показник базисної щільності. Порівняння одержаних нами даних з даними П. І. Лакиди [4] для Полісся та Лісостепу України та В. В. Успенського [11] для східного лісостепу (Воронезька обл.) підтверджують тенденцію до зменшення базисної щільності деревини стовбурів сосни у міру просування на схід, але це також може бути пов'язаним із обмеженим діапазоном дослідних даних за віком і лісорослинними умовами (табл. 4).

Таблиця 4

Порівняльна характеристика динаміки середньої базисної щільності деревини стовбурів сосни

Вік, років	Середня базисна щільність, $кг \cdot (м^3)^{-1}$		
	за даними П. І. Лакиди	за даними В. В. Успенського	за даними авторів
30	402	320	403
40	420	374	418
50	436	392	430
60	451	414	440
70	465	432	446
80	478	449	450

Виявлені особливості досліджуваних показників щільності деревини сосни звичайної необхідно враховувати під час визначення динаміки фітомаси, обсягів депонування насадженнями вуглецю та розробки заходів, спрямованих на посилення кліматорегулювальних функцій лісів [1].

Показники динаміки фітомаси модальних штучних соснових насаджень свіжого соснового субору наведено у табл. 5. Інтенсивне накопичення фітомаси в деревостані відбувається до 50 років, поточна зміна запасу фітомаси становить від 2,4 до 4,9 т·га⁻¹·рік⁻¹. У подальшому запас фітомаси зростає значно повільніше, одночасно середня зміна запасу залишається високою. Це свідчить, що соснові деревостани і після 50 років інтенсивно поглинають вуглекислий газ із атмосфери, але значна його частина втрачається в результаті відпаду та вилучення деревини з рубками.

Таблиця 5

Динаміка фітомаси в культурах сосни (В₂)

Вік, років	Запас, м ³ ·га ⁻¹	Фітомаса, т·га ⁻¹					Зміна запасу фітомаси, т·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	
		стовбур	гілки	хвоя	коріння	всього	середня	поточна
10	27	9,4	2,0	2,1	3,0	16,5	1,7	–
20	112	41,9	6,5	5,3	11,5	65,2	3,3	4,9
30	188	73,4	9,5	6,5	18,5	107,9	3,6	4,3
40	246	98,9	11,3	6,9	23,6	140,7	3,5	3,3
50	288	118,5	12,2	6,8	27,0	164,5	3,3	2,4
60	318	133,3	12,6	6,5	29,2	181,6	3,0	1,7
70	342	145,7	12,9	6,3	30,9	195,8	2,8	1,4
80	360	155,5	12,9	6,0	32,1	206,5	2,6	1,1

У зв'язку із зазначеним важливою умовою підтримання високих темпів накопичення вуглецю є підвищення стійкості соснових деревостанів та оптимізація режиму рубок догляду, особливо у віці проріджувань і прохідних рубок. При цьому ключовим є підтримання високого рівня повнот у процесі лісовирощування.

Модальні насадження сосни звичайної в умовах лісостепу Харківщини накопичують вуглець зі швидкістю 1,0–2,5 т·га⁻¹·рік⁻¹, що відповідає чистому поглинанню 7,3–10,0 т вуглекислого газу одним гектаром лісу на рік.

Порівняння динаміки фітомаси штучних соснових деревостанів за даними різних авторів наведено на рис. 3 і 4.

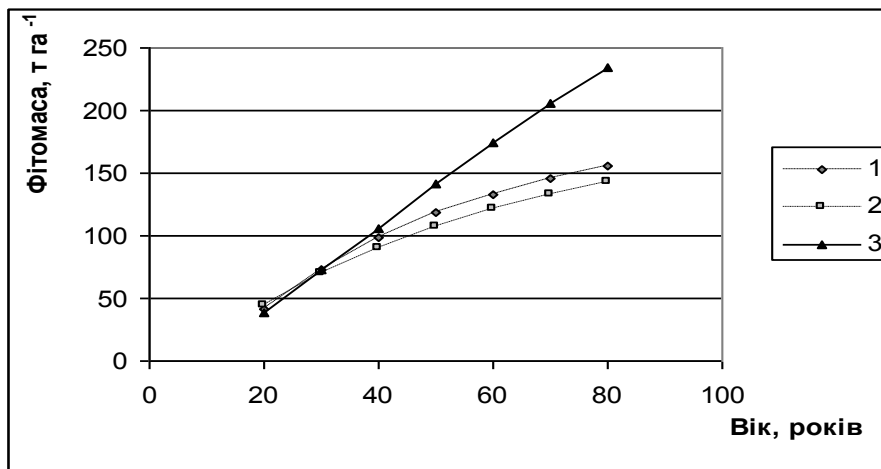


Рис. 3 – Динаміка запасів фітомаси стовбурів у культурах сосни за даними різних авторів: 1 – дані авторів; 2 – динаміка біологічної продуктивності модальних культур сосни в лісостепових і північно-степових екорегіонах європейської частини [10]; 3 – динаміка біологічної продуктивності оптимальних деревостанів культур сосни Полісся України [4]

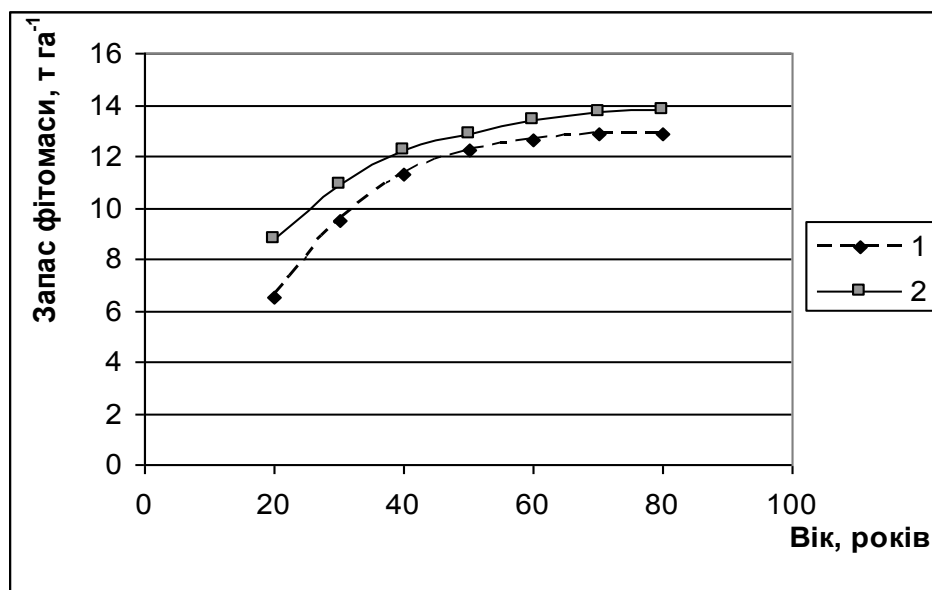


Рис. 4 – Динаміка запасів фітомаси гілок у культурах сосни за даними різних авторів:
 1 – дані авторів; 2 – динаміка біологічної продуктивності модальних культур сосни в лісостепових і північно-степових екорегіонах європейської частини [10]

Порівняльний аналіз свідчить, що накопичення фітомаси стовбурів і гілок соснових деревостанів Лісостепу Харківщини є дуже подібним до динаміки біологічної продуктивності модальних культур сосни в лісостепових і північно-степових екорегіонах європейської частини [10], однак за нашими даними запаси фітомаси стовбурів є більшими, а гілок – меншими. Це пов'язане з вищим рівнем повнот модальних деревостанів у розроблених нами нормативах.

Порівняння розроблених нами нормативів і нормативів динаміки біологічної продуктивності оптимальних деревостанів культур сосни Полісся України [4] свідчить, що біопродуктивність модальних культур сосни є значно меншою, ніж оптимальних. Різниця у запасах фітомаси збільшується з віком насаджень і у віці 80 років досягає майже 30 %.

Висновки. Природна та базисна щільність соснової деревини має тенденцію до зростання до 80-річного віку. Природна щільність деревини стовбурів на відносних висотах зменшується до висоти $0,25h$, а потім рівномірно збільшується до верхівки. Це пов'язане насамперед з особливостями структури деревини на різних висотах стовбура. Базисна щільність деревини стовбурів за відносними висотами рівномірно зменшується.

Показники щільності (базисної, експлуатаційної та нормалізованої) деревини стовбурів сосни мало мінливі. Це свідчить про відносну стабільність щільності та механічних властивостей деревини сосни, що є важливим для її практичного використання як сировини та матеріалу.

Показник базисної щільності деревини стовбурів сосни починаючи з 40-річного віку є дещо меншим у порівнянні з даними для Полісся та Лісостепу загалом, що пояснюється особливостями росту сосни звичайної в умовах Лісостепу Харківщини.

Інтенсивне накопичення фітомаси в соснових деревостанах відбувається до 50 років, поточна зміна запасу фітомаси становить від 2,4 до 4,9 т·га⁻¹·рік⁻¹. У подальшому запас фітомаси зростає повільніше, значна частина втрачається в результаті відпаду та вилучення деревини під час рубок. Біопродуктивність модальних культур сосни у віці 80 років є меншою майже на 30 % у порівнянні з оптимальними.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Божок О. П. Деревинознавство з основами лісового товарознавства / О. П. Божок, І. С. Вінтонів. – К. : Вид-во НМК ВО, 1992. – 320 с.
2. Букша І. Ф. Інвентаризація парникових газів у секторі землекористування та лісового господарства / І. Ф. Букша, О. В. Бутрим, В. П. Пастернак. – Х. : ХНАУ, 2008. – 232 с.
3. Вольнский В. Н. Взаимосвязь и изменчивость физико-математических свойств древесины / В. Н. Вольнский. – Архангельск : Изд-во АГТУ, 2000. – 196 с.
4. Лакида П. І. Фітомаса лісів України / П. І. Лакида. – Тернопіль : Збруч, 2002. – 256 с.
5. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України / П. І. Лакида, Р. Д. Васишин, А. Г. Лашенко, А. Ю. Терентьев. – К. : Вид. дім «Еко-інформ», 2011. – 192 с.
6. Пастернак В. П. Біопродуктивність лісів північного сходу України в контексті змін клімату : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук : спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування та лісова таксація», 06.03.03 «Лісознавство і лісівництво» / В. П. Пастернак. – К., 2011. – 41 с.
7. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання : СОУ 02.02-37-476:2006.– [Чинний від 2007-05-01]. – К. : Мінагрополітики України, 2006. – 32 с. – (Стандарт організації України).
8. Полубояринов О. И. Плотность древесины / О. И. Полубояринов. – М. : Лесн. пром-сть, 1976. – 160 с.
9. Рябчук В. П. Біологічне деревознавство. Терміни та визначення / В. П. Рябчук, О. П. Божок, В. О. Божок. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2012. – 78 с.
10. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород северной Евразии / [Швиденко А. З., Щепашенко Д. Г., Нильсон С., Булуй Ю. И.]. – М. : ФАЛХ, МИПСА, 2008. – 886 с.
11. Успенский В. В. Изменчивость плотности древесины сосны и ее использование в весовой таксации / В. В. Успенский // ИВУЗ Лесной журнал. – 1980. – № 6. – С. 9–12.

Pasternak V. P., Nazarenko V. V., Karpets Yu. V.

THE QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF SCOTS PINE WOOD AND PHYTOMASS OF PINE STANDS IN FOREST-STEPPE IN KHARKIV REGION

1. *Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G. M. Vysotsky*

2. *Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev*

The problems of estimating density of the wood of Scots pine forest stands in forest-steppe of Kharkiv region are considered. The indicators of natural and basic density are identified. It was found that the age of the tree and its diameter is the most informative features that determine the density of the wood of the trunk. Natural and basic pine wood density tends to increase up to 80 years. Basic wood density of pine trunks is little variable that indicates the relative stability of the density and mechanical properties of pine wood, which is important for practical use of wood as a raw and as a material. The models of the ratio of phytomas individual fractions to the growing stock of forest indicators and tables of phytomas dynamics of pine stands are developed.

Key words: properties of wood, Scots pine, natural density, basic density, phytomass.

Пастернак В. П., Назаренко В. В., Карпец Ю. В.

КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ФИТОМАССА СОСНЯКОВ ЛЕСОСТЕПИ ХАРЬКОВЩИНЫ

1. *Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого*

2. *Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева*

Рассмотрены вопросы оценки плотности древесины сосны обыкновенной в лесных насаждениях Лесостепи Харьковщины. Определены показатели естественной и базисной плотности. Установлено, что возраст дерева и его диаметр являются наиболее информативными признаками, которые определяют плотность древесины ствола. Природная и базисная плотность древесины стволов сосны имеет тенденцию к росту до 80-летнего возраста. Базисная плотность древесины стволов сосны мало изменчива, что свидетельствует об относительной стабильности плотности и механических свойств древесины сосны. Это, в свою очередь, важно для практического использования древесины в качестве сырья и материала. Разработаны модели зависимости отношения отдельных фракций фитомассы к запасу древостоя от таксационных показателей, а также таблицы динамики фитомассы сосновых древостоев.

Ключевые слова: свойства древесины, сосна обыкновенная, природная плотность, базисная плотность, фитомасса.

E-mail: monitoring@uriffm.org.ua

Одержано редколлегією 03.12.2014