

ЛОКАЛЬНА ЩІЛЬНІСТЬ КОМПОНЕНТІВ ФІТОМАСИ СТОVBУРА СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

В. М. Ловинська, кандидат біологічних наук, доцент

ORCID ID:0000-0002-7359-9443

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

*Представлено результати досліджень локальної природної та базисної щільності компонентів фітомаси стовбурів сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах Північного Степу України. Досліджено мінливість локальної природної та базисної щільності дерев сосни звичайної, діапазон віку яких складав 9-90 років. Встановлено, що розраховані показники локальної базисної щільності деревини та деревини у корі стовбурів мають обернену залежність від віку дерева. Розроблено регресійні моделі залежності локальної базисної щільності від віку рослин.*

Ключові слова: локальна природна щільність, локальна базисна щільність, сосна звичайна, кора, деревина, стовбур, регресійні моделі.

Постановка проблеми. Лісові насадження – важливі відновлювальні ресурси, деревні компоненти яких є сировиною для виробництва енергії, будівництва, виготовлення меблів тощо. Механічні та фізичні властивості роблять деревину одним з найважливіших конструкційних матеріалів і визначаються якісними параметрами, до яких належить щільність. Протягом онтогенезу на щільність деревини впливають екологічні та генетичні чинники.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Показники щільності компонентів фітомаси стовбура мають значну варіабельність по всій його довжині і залежать від виду рослин, їхнього віку, умов освітлення тощо [1–3].

Оцінка якісних показників компонентів фітомаси деревних рослин висвітлена у багатьох наукових публікаціях, результати яких є вагомим внеском для біопродукційної науки та при вирішенні екологічних та економічних питань у різних регіонах світу [4–7]. На теренах нашої країни дослідженням локальної щільності різних лісотвірних порід за компонентами надземної фітомаси присвячено низку робіт професор П. І. Лакиди та дослідників його наукової школи [8–12].

Постановка завдання. Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) має широкий екологічний діапазон та може успішно зростати у різних лісорослинних умовах, продукуючи і значні кількісні показники запасу. Це одна з головних лісоутворюючих порід України і, зокрема, її Північного Степу. Базисна щільність є величиною, що використовується для визначення біопродуктивності насаджень, тому дослідження

її мінливості від факторів різного впливу є вкрай актуальними.

Мета статті. Метою даної роботи стало визначення локальної щільності компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у деревостанах різного віку Північного Степу України.

Матеріали і методи досліджень. Для дослідження локальної щільності компонентів надземної фітомаси закладали 21 тимчасову пробну площу (ТПП) на території Північного байрачного Степу в межах Дніпропетровського регіону згідно з вимогами, що регламентують проведення лісовпорядних робіт з урахуванням стандартизованих вимог «Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання» (SOU 02.02-37-476, 2006). Закладання ТПП здійснювали у чистих та змішаних соснових насадженнях, у різних умовах місцезростання – А0-1, В1-3, С1-3, Д1. Дослідження мінливості щільності проводили для 21 модельного дерева, діапазон віку яких складав 9-90 років.

Для аналізу показників локальної щільності стовбура випилювали дослідні зрізи (товщина 1-3 см) на пні (0h) та відносних висотах стовбура 0,10h, 0,25h, 0,50h і 0,75h. Значення показника природної щільності розраховували за відношенням маси зразка компонента фітомаси стовбура у свіжозрубаному стані до його об'єму у свіжозрубаному стані. Базисну щільність визначали як відношення маси зразка в абсолютно сухому стані до об'єму компонента фітомаси цього зразка у свіжозрубаному стані. Визначення природної та базисної щільностей проводили з використанням програмного

забезпечення ZRIZ, PLOT [11]. У результаті обробки даних отримано показники локальної щільності деревини, кори та деревини у корі (деревина+кора) для кожного зі зрубаних модельних дерев сосни звичайної.

Виклад основного матеріалу. Локальна щільність компонентів фітомаси стовбура дерев є показником їх якісної структури по усій висоті стовбура та відображає особливості формування деревини та кори стовбура у різних його частинах. Зміна середнього показника локальної природної щільності кори вздовж стовбура сосни за відносними висотами характеризується поступовим зростаючим типом із широким діапазоном значень (рис. 1а). Характер локальної зміни деревини демонструє зменшення природної щільності від окоренка до 0,25h з наступним збільшенням до верхівки. Слід зазначити, що варіабельність результатів природної щільності значним чином залежить від насиченості вологою окремих компонентів фітомаси стовбура дерева. Тому більш показовими є дані, отримані при дослідженні локальної базисної щільності.

Виявлені тенденції змін для природних щільностей не завжди відповідають знайденим

результатам щодо базисної щільності (рис. 1б). Локальна базисна щільність кори від окоренкової частини до відносної висоти 0,1 h збільшується, потім спадає, після чого плавно зростає до відносної висоти 0,75 h, на якій пошукова величина є максимальною. Для базисної щільності деревини зареєстровано поступове зниження щільності від окоренка до верхівки. Базисна щільність деревини стовбура в корі практично повторює тенденцію зміни фракції деревини за відносними висотами стовбура дерева.

Порівняння абсолютних значень локальної щільності компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах Північного Степу з іншими регіонами України показало їх дещо меншу величину. Поясненням даного явища насамперед можуть бути ґрунтово-кліматичні умови регіону, лісорослинні умови, різна структура деревостанів, що досліджували. У цілому, характерна загальна тенденція змін локальної базисної щільності компонентів фітомаси стовбура дерев сосни звичайної залежно від відносних висот співпадає з результатами досліджень інших авторів [11].

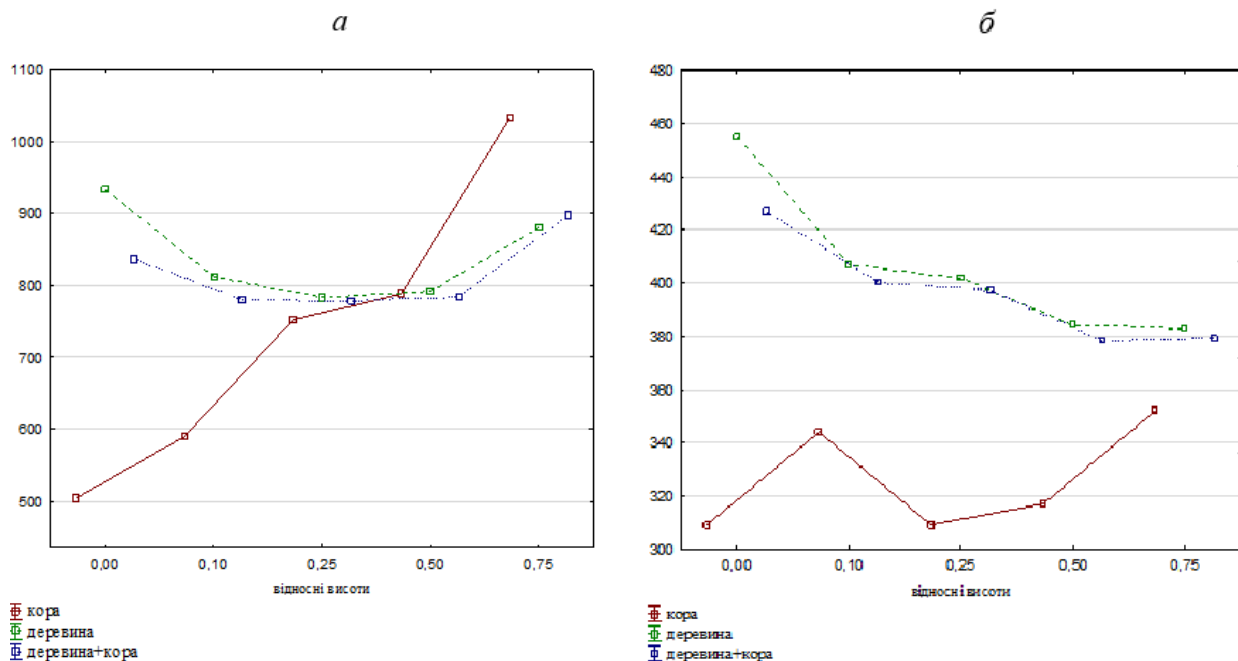


Рис. 1. Залежність середньої локальної природної (а) та базисної (б) щільності компонентів фітомаси стовбурів сосни звичайної в Північному Степу України

Якщо виокремити базисну локальну щільність деревини, то подібна тенденція змін відображена у працях О. І. Полубояринова, П. І. Лакиди, які дійшли висновку, що щільність хвойних зменшується від окоренка до вершини [10, 13].

Встановлення закономірностей змін локальної базисної щільності, як більш інформативної величини порівняно з природною, залежно від віку дерева стало наступним етапом даного дослідження. У корі, для екземплярів віком до 40 років та представників 5-го класу віку, величина

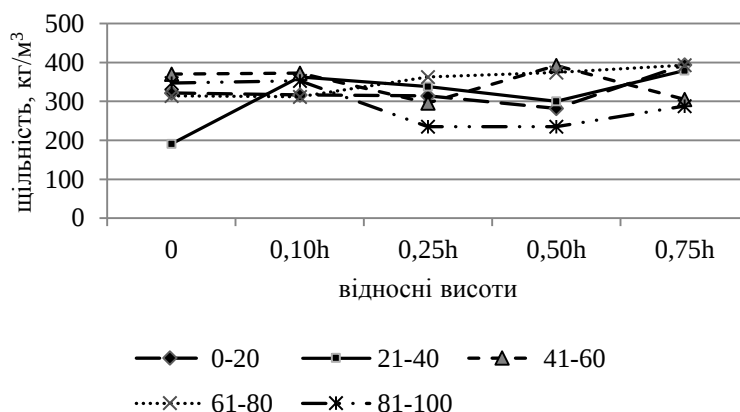
базисної щільності має тенденцію до поступового спадання з нижньої частини стовбура до відносної висоти 0,5h (рис. 2а). Для середньовікової групи не виявлено закономірної лінії тренду зміни локальної щільності по висоті стовбура. У цілому, як виявили результати наших досліджень, саме фракція кори дерева має значну мінливість показників залежно від висоти дерева та його віку, оскільки вона найбільш залежна від природно-кліматичних умов довкілля.

Аналіз результатів досліджень базисної щільності деревини та деревини у корі демонструють подібний характер змін обох фракцій (рис. 2б, 2в). Пошукова величина зменшується від окоренка до відносної висоти 0,50h, після чого має тенденцію до збільшення. Локальна базисна щільність відбиває особливості формування деревини в тій чи іншій частині стовбура, величина якої варіює внаслідок неоднорідності регіональних лісорослинних та

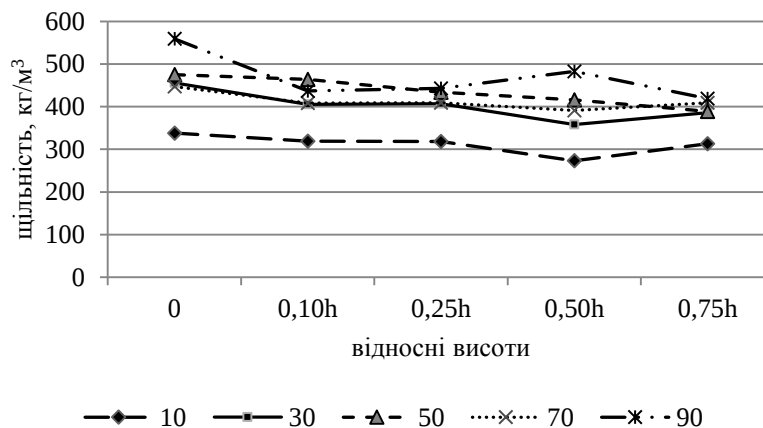
погодних умов, а також особливостей будови стовбура певної деревної породи. Для рослин найстаршого віку фіксується вища варіабельність цього параметра з піками свого максимуму на пні та відносній висоті 0,50h. У цілому, для базисної щільності виявлено зростання досліджуваного показника з віком та досягненням максимуму до 90 років. За ствердженням О. І. Полубояринова [13], у хвойних порід зі збільшенням віку відбувається ущільнення деревини, що і виявлено у наших дослідженнях базисної щільності.

Як показав аналіз природної та базисної щільності деревини та кори сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), ці показники змінюються з висотою стовбура та залежать від віку дерева. Виявлені закономірності дозволили здійснити пошук математичних залежностей для оцінки компонентів фітомаси стовбура, що є необхідним для дослідження біопродуктивності лісів.

а)



б)



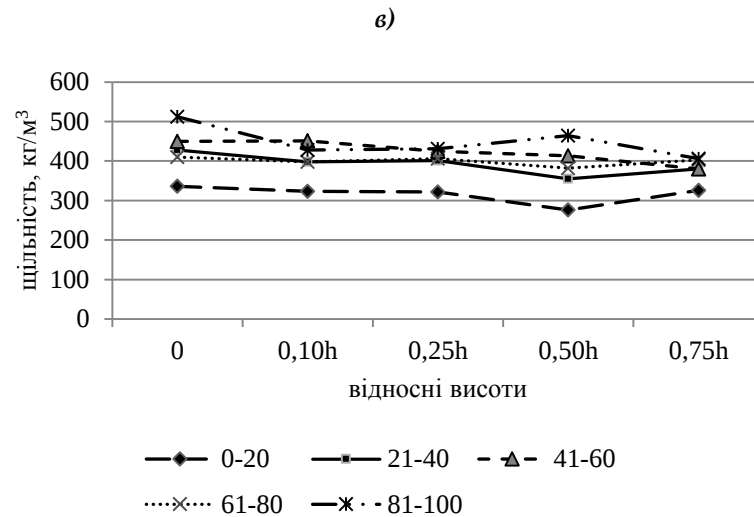


Рис. 2. Зміна локальної базисної щільності сосни звичайної у Північному Степу України залежно від віку: а – кора; б – деревина; в – деревина+кора

Регресійні математичні моделі були використані для отримання рівнянь, які можна застосовувати для прогнозу локальної щільності сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), вирощеної в аналогічних лісорослинних умовах, залежно від віку рослин (табл.). Статистичну достовірність одержаних моделей вихідним даним оцінювали за коефіцієнтами детермінації.

Таблиця

Регресійні рівняння залежності локальної базисної щільності компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) (y) від віку дерева (x) в Північному Степу України

Відносна висота	Рівняння	Коефіцієнт детермінації
1	2	3
Кора		
0,5	$y = -0,0757x^2 + 7,4714x + 192,89$	0,753
Деревина		
0	$y = -0,0105x^2 + 3,2186x + 328,84$ $y = 222,88x^{0,1908}$ $y = 81,43\ln(x) + 155,92$	0,761 0,834 0,803
0,1	$y = -0,0409x^2 + 5,2843x + 277,33$ $y = 240,26x^{0,1411}$ $y = 52,96\ln(x) + 212,09$	0,795 0,741 0,713
0,25	$y = -0,0289x^2 + 4,1529x + 290,02$ $y = 238,01x^{0,141}$ $y = 52,692\ln(x) + 208,67$	0,836 0,853 0,854
0,5	$y = -0,0123x^2 + 3,4971x + 250$ $y = 160,24x^{0,2334}$ $y = 83,574\ln(x) + 77,249$	0,873 0,919 0,885
0,75	$y = -0,0195x^2 + 3,1214x + 291,36$ $y = 237,32x^{0,1291}$ $y = 46,72\ln(x) + 211,6$	0,921 0,945 0,954
Деревина+кора		
0	$y = 1,67x + 343,7$ $y = -0,0075x^2 + 2,42x + 330,95$ $y = 240,01x^{0,1545}$ $y = 62,976\ln(x) + 195,9$	0,683 0,691 0,764 0,735
0,1	$y = -0,035x^2 + 4,55x + 287,6$ $y = 251,49x^{0,1244}$ $y = 46,383\ln(x) + 229,24$	0,768 0,726 0,698

Продовження табл.

1	2	3
0,25	$y = 1,115x + 341,25$ $y = -0,027x^2 + 3,8114x + 295,41$ $y = 248,5x^{0,1261}$ $y = 46,853\ln(x) + 224,92$	0,649 0,862 0,863 0,866
0,5	$y = 2,015x + 277,25$ $y = -0,0148x^2 + 3,4971x + 252,05$ $y = 170,23x^{0,2132}$ $y = 75,337\ln(x) + 101,3$	0,830 0,855 0,906 0,877
0,75	$y = 0,915x + 333,25$ $y = -0,0141x^2 + 2,3257x + 309,27$ $y = 262,92x^{0,0987}$ $y = 35,959\ln(x) + 246,93$	0,814 0,922 0,946 0,950

Для моделювання зміни базисної щільності було використано лінійні, поліноміальні, ступеневі та логарифмічні регресійні рівняння. Як видно із представлених даних, не було знайдено адекватних моделей для визначення базисної щільності кори дерев сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), які б мали достовірно значущі коефіцієнти детермінації (табл.). У даному випадку найбільш точною ($R^2=0,753$) виявилася модель поліноміальної залежності локальної щільності на відносній висоті 0,5h.

Точними і практичними виявилися розроблені моделі для фракцій деревини та кори стовбура дерев сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). При цьому моделі для відносних висот 0,5h та 0,75h характеризуються найвищими коефіцієнтами детермінації ($R^2=0,814-0,954$). Отже, дані рівняння можна використовувати при розрахунках базисної щільності зазначених компонентів фітомаси соснових деревостанів в умовах степової зони.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Середня локальна природна щільність соснової кори відрізняється

поступовим зростанням. Показники середньої локальної базисної щільності деревини і деревини у корі характеризуються лінійним спаданням значень від окоренка до верхівки дерева. Виявлено, що у корі молодих (до 40-річного віку) та найстарших дерев значення локальної базисної щільності зменшується до відносної висоти 0,5h, після чого має тенденцію до зростання. Базисна щільність фракцій деревини та деревини у корі зростає з віком і має найвищий показник для представників 5-го класу віку. Розроблені регресійні моделі вирізняються вищими коефіцієнтами детермінації для фракцій деревини та деревини у корі стовбура дерев сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на відносних висот 0,5h та 0,75h. Визначені показники локальної природної та базисної щільності компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) є необхідними у перспективі подальшого оцінювання біотичної продуктивності, екологічного та енергетичного потенціалу соснових лісів в умовах Північного Степу України.

Список використаних джерел:

1. Modelling variability of wood density in beech as affected by ring age, radial growth and climate / O. Bouriaud, N. Breda, G. Le Moguedec [et al.] // *Trees*. – 2004. – Vol. 18 (3). – P. 264–276.
2. Lachenbruch B. Radial variation in wood structure and function in woody plants, and hypotheses for its occurrence. In *Size- and Age-related Changes In Tree Structure and Function* / B. Lachenbruch, J.R. Moore, R. Evans // *Tree Physiology*. – 2011. – Vol. 4. – P. 121–164.
3. Influence of initial planting spacing and genotype on microfibril angle, wood density, fibre properties and modulus of elasticity in *Pinus radiata* D. Don corewood / J. Lasserre, E. Mason, M. Watt [et al.] // *For. Ecol. Manage.* – 2009. – Vol. 258. – P. 1924–1931;
4. Wood properties of young *Eucalyptus nitens*, *E. globulus*, and *E. maidenii* in Northland, New Zealand / R. Mckinley, C.J.A. Shelbourne, C. Low [et al.] // *New Zealand Journal of Forestry Science*. – 2002. – Vol. 32(3). – P. 334–356.
5. Wood quality of *Pinus sylvestris* progenies at various spacings / B. Persson, A. Persson, E.G. Ståhl [et al.] // *Forest Ecology and Management*. – 1995. – Vol. 76. – P. 127–138.
6. Annual rings characteristic of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood from a seedling seed orchard / P.S. Mederski, M. Bembenek, Z. Karaszewski [et al.] // *Annals of Warsaw University of Life Sciences, Forestry and Wood Technology*. – 2013. – Vol. 83. – P. 242–247.
7. Jyske T.H. Wood density within Norway spruce stems / T.H. Jyske, H. Makinen, P. Saranpaa // *Silva Fennica*. – 2008. – Vol. 42. – P. 439–455.

8. Лакида М. Локальна щільність компонентів фітомаси стовбура дерев сосни звичайної в умовах державної організації "Резиденція "Залісся"/ М.Лакида, І. Лакида, Р. Васишин // Науковий вісник НЛТУ України. – 2016. Вип. 26 (7). – С.99–105.
9. Лакида П.І. Надземна фітомаса та вуглецево-енергетичний потенціал ялицевих деревостанів Українських Карпат : монографія / П.І. Лакида, Р.Д. Васишин, О.М. Васишин. – Корсунь-Шевченківський : ФОП В.М. Гавришенко, 2010. – 240с.
10. Лакида П.І. Фітомаса лісів України : монографія / П.І. Лакида. – Тернопіль : Збруч, 2002. – 256 с.
11. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України / Лакида П.І. та інші. – К. : ЕКО-інформ, 2011. – 192с.
12. Пастернак В.П. Якісні характеристики деревини сосни звичайної та фітомаса сосняків лісостепу Харківщини / В.П. Пастернак, В.В. Назаренко, Ю.В. Карпець // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2014. – Вип. 125. – С. 38–45.
13. Полубояринов О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 160 с.

В. Н. Ловинская. Локальная плотность компонентов фитомассы ствола сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Северной Степи Украины.

*Представлены результаты исследований локальной естественной и базисной плотности компонентов фитомассы стволов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Северной Степи Украины. Показано, что рассчитанные показатели локальной базисной плотности древесины и древесины в коре стволов имеют обратную зависимость от возраста дерева. Разработаны регрессионные модели зависимости локальной базисной плотности от возраста растений.*

Ключевые слова: локальная природная плотность, локальная базисная плотность, сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), кора, древесина, ствол, регрессионные модели.

V. M. Lovynska. Local density of live biomass components of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) within Northern Steppe of Ukraine.

The results of the local natural and basic density of live biomass components of Scotch pine within Northern Steppe of Ukraine are presented. It is shown that the calculated values of the wood and wood in the bark local basic density are inversely related to the tree age. Regression models of the local basic density dependence on the plant age are developed.

Key words: local natural density, local basic density, Scots pine, bark, wood, trunk, regression models.