

УДК 630\*17

**В. І. СТОРОЖЕНКО<sup>1</sup>, В. П. ПАСТЕРНАК<sup>2\*</sup>**  
**ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕРЕВИНИ ВІЛЬХИ**  
**У ДЕРЕВОСТАНАХ ПРИДОНЕЦЬКОГО СТЕПУ**

1. Донецьке обласне управління лісового та мисливського господарства

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

Розглянуто питання оцінювання фізико-механічних властивостей деревини вільхи чорної у лісових насадженнях Придонецького степу. Визначено показники природної та базисної щільності, а також міцності деревини. Встановлено, що вік дерева та його діаметр є найбільш інформативними ознаками, які визначають щільність деревини стовбура. Природна щільність вільхової деревини у корі має тенденцію до зростання до 50-річного віку, а потім поступово зменшується. Базисна щільність деревини в корі стовбурів вільхи є мало мінливою, що свідчить про значну стабільність щільності та механічних властивостей деревини у вільхи, що є важливим для практичного її використання.

**Ключові слова:** властивості деревини, вільха чорна, міцність, природна щільність, базисна щільність.

**Вступ.** При веденні лісового господарства на принципах сталого розвитку важливо не тільки формувати насадження, що ефективно виконуватимуть різноманітні функції, а й отримувати при цьому деревину з високими фізико-механічними властивостями. Показники фізико-механічних властивостей деревини визначають її якість та напрями використання. Відомо, що міцність деревини на стиск уздовж волокон є більшою від її міцності впоперек волокон, а при статичному згині деревини перевищує міцність при стиску вздовж волокон, але є меншою за міцність при розтягу. Високі значення міцності при статичному згині дають змогу широко застосовувати деревину в конструкціях, які працюють на згин (балки, крокви, бруски, настили тощо) [2]. Одним із важливих показників якості деревини є її щільність, що потрібно враховувати як у процесі лісовирощування, так і під час використання деревини. За даними повидільної бази «Лісовий фонд», лісові насадження вільхи чорної (*Alnus glutinosa* L.) у Придонецькому степу займають площу майже 6,5 тис. га. Вони ростуть у різноманітних лісорослинних умовах, є неоднорідними за складом, структурою та походженням [6].

**Мета досліджень** – встановити основні фізико-механічні властивості деревини вільхи у деревостанах Придонецького степу.

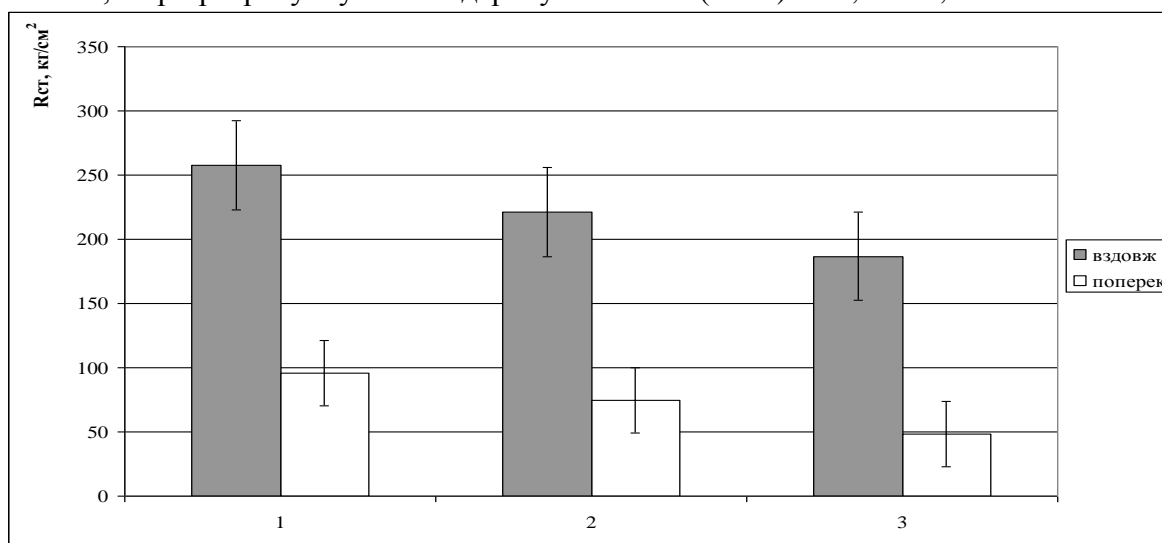
**Об'єкти та методика досліджень.** Збір дослідних даних проводили на пробних площах, які закладали з урахуванням вимог стандарту організацій України «Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання» [7]. На ділянках оцінювали характеристики основних компонентів лісових насаджень, відбирали модельні дерева вільхи чорної кількістю 3–5 шт. Усього зрубано і обміряно 36 модельних дерев, проаналізовано 150 зразків деревини.

Для оцінювання фізико-механічних показників деревини стовбурів на модельних деревах випилювали дослідні зрізи деревини в корі. Зразки зважували, висушували до постійної маси та визначали показники щільності та міцності [3–5]. Міцність деревини при стиску вздовж і у тангенціальному напрямку впоперек волокон визначали за розподілом зразків залежно від розміщення за радіусом поперечного зрізу (зовнішня частина, середина і центр). Показники локальної щільності деревини встановлювали на пні (окоренку) та відносних висотах стовбура (0,25h; 0,5h; 0,75h). 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. Середню щільність деревини стовбурів вільхи у корі розраховували за формулою залежно від показників локальної щільності та діаметрів на відносних висотах стовбура [5].

**Результати та обговорення.** За результатами наших досліджень встановлено, що показники міцності деревини вільхи на стиск уздовж волокон майже втричі перевищують значення аналогічних показників упоперек волокон (рис. 1).

\* © В. І. Стороженко, В. П. Пастернак, 2013.

Середні значення межі міцності деревини на згин для дерев вільхи порослевого походження у віці 25–42 роки за вологості 17 і 12 % становлять 61,35 і 73,63 МПа відповідно. Діапазон мінливості межі міцності на згин за вологості 17 % становить 52,99–71,07 МПа, а при розрахунку на стандартну вологість (12 %) – 63,66–85,29 МПа.



**Рис. 1 – Міцність деревини вільхи на стиск уздовж і впоперек волокон:  
1 – зовнішня частина; 2 – середина; 3 – центр**

Для оцінювання однорідності структури стовбура 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.

Отримані результати оцінювання локальної щільності зрізів модельних дерев залежно від віку було розподілено на такі групи: 21–40 років, 40–60 років, понад 60 років, а також зроблено оцінки для загальної вибірки (табл. 1).

*Таблиця 1*

**Локальна щільність деревини в корі стовбурів вільхи,  $г \cdot (см^3)^{-1}$**

Вік модельних дерев	Відносна висота стовбура			
	0	0,25h	0,5h	0,75h
<i>природна щільність</i>				
21–30	0,777 ± 0,009	0,847 ± 0,007	0,871 ± 0,010	0,933 ± 0,016
31–40	0,802 ± 0,015	0,872 ± 0,008	0,902 ± 0,014	0,942 ± 0,009
41–50	0,803 ± 0,013	0,884 ± 0,010	0,906 ± 0,014	0,926 ± 0,007
51 і більше	0,756 ± 0,009	0,798 ± 0,007	0,864 ± 0,015	0,897 ± 0,006
У середньому	0,785 ± 0,007	0,850 ± 0,007	0,886 ± 0,008	0,925 ± 0,006
<i>базисна щільність</i>				
21–30	0,392 ± 0,009	0,410 ± 0,005	0,426 ± 0,007	0,461 ± 0,013
31–40	0,447 ± 0,012	0,438 ± 0,007	0,436 ± 0,010	0,463 ± 0,006
41–50	0,425 ± 0,002	0,443 ± 0,006	0,452 ± 0,008	0,465 ± 0,008
51 і більше	0,431 ± 0,007	0,418 ± 0,005	0,425 ± 0,009	0,442 ± 0,004
У середньому	0,424 ± 0,005	0,427 ± 0,004	0,435 ± 0,005	0,458 ± 0,004

Як свідчить аналіз даних табл. 2, природна щільність деревини в корі на відносних висотах рівномірно збільшується від окоренка до верхівки. На ділянці 0,25–0,5h у дерев віком 21–50 років вона зростає повільніше, а у дерев віком понад 50 років – інтенсивніше. Це пов'язане, насамперед, з особливостями структури деревини на різних висотах стовбура.

Показники базисної щільності деревини в корі за відносними висотами для дерев у віці 31–40 років мають мінімальні значення на відносній висоті 0,5h, а у віці понад 50 років – на висоті 0,25h, у той час як для дерев віком 21–30 і 41–50 років значення базисної щільності рівномірно зростають.

Зіставлення одержаних нами даних щодо зміни локальної щільності деревини вільхи у корі за висотою деревного стовбура з даними П. І. Лакиди, І. В. Блищика [4] показує, що як для природної, так і для базисної щільності характер змін є подібним.

Важливим показником, що дає змогу перераховувати об'ємні показники дерев і деревостанів у вагові, є середня щільність деревини в корі. Значення показників середньої природної та базисної щільності аналізували залежно від таксаційних показників дерев. При цьому слід враховувати, що показники природної щільності характеризуються значною мінливістю, оскільки вона залежить не лише від властивостей деревини, але й від її вологості. Відносна вологість відібраних зразків знаходиться у діапазоні від 42,0 до 54,1 %.

За результатами аналізу встановлено, що природна щільність вільхової деревини в корі зростає до 50-річного віку, а потім поступово зменшується (рис. 2).

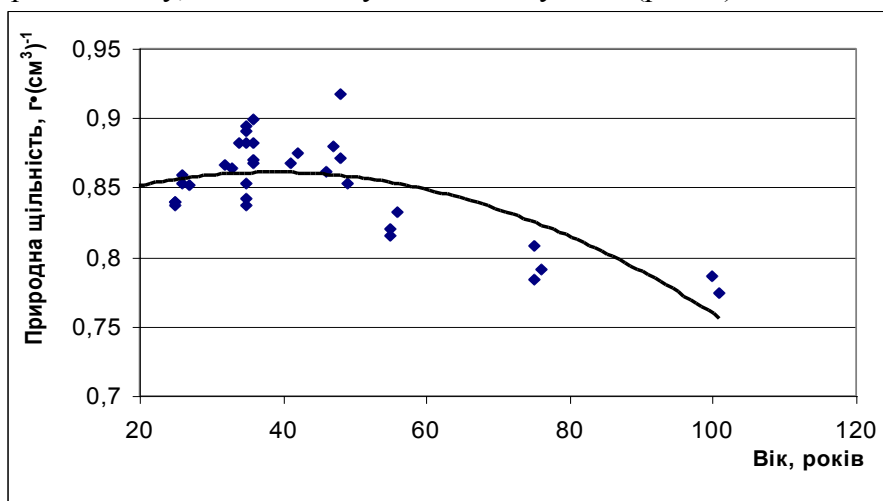


Рис. 2 – Залежність середньої природної щільності деревини від віку

Залежності абсолютних значень базисної щільності деревини вільхи в корі від віку, висоти та діаметра на висоті 1,3 м модельних дерев досліджували графо-аналітичним способом.

Аналізуючи значення показників середньої щільності, зазначимо, що базисна щільність є менш мінливою порівняно з природною. Залежності середньої базисної щільності деревини вільхи в корі від основних таксаційних показників стовбурів мають нелінійний характер.

За результатами кореляційного аналізу встановлено кореляційне відношення, яке становить для віку, висоти й діаметра стовбурів 0,59, 0,43, 0,53 відповідно. Таким чином, існує помірний зв'язок між досліджуваними показниками. Одержані результати підтверджують висновки П. І. Лакиди, І. В. Блищика [6] про те, що вік дерева та його діаметр є найбільш інформативними ознаками, які визначають щільність деревини стовбура.

Як свідчить аналіз результатів статистичного оцінювання основних таксаційних показників модельних дерев (табл. 2), показник віку характеризується значною мінливістю, а розподіл цих дерев за віком суттєво відрізняється від нормального, у той час як для інших

таксаційних показників мінливість є суттєво меншою, а розподіл – близьким до нормального.

Таблиця 2

**Основні статистики таксаційних показників і середньої базисної щільності в корі стовбурів модельних дерев**

Показник	Статистики				
	$T_c$	$\sigma$	$V, \%$	$A$	$E$
$d_{1,3}, \text{ см}$	22,9	6,2	22,1	1,118	0,294
$a, \text{ років}$	44,7	19,8	44,3	1,588	2,161
$h, \text{ м}$	22,4	4,0	17,9	0,355	-0,434
$\rho_{ск}, \text{ г} \cdot (\text{см}^3)^{-1}$	0,435	0,02	4,6	0,430	-0,855

*Примітка.*  $T_c$  – середнє значення,  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення,  $V$  – коефіцієнт мінливості,  $A$  – асиметрія,  $E$  – ексцес.

Розподіл усіх наведених таксаційних показників характеризується позитивною асиметрією, що свідчить про переважання мінімальних значень. Для розподілу значень діаметра і віку відзначено позитивний ексцес, а для висоти і щільності – негативний, що вказує на плосковершинність розподілу за цими ознаками.

За допомогою регресійного аналізу розроблено однофакторні моделі залежності базисної середньої щільності деревини в корі вільхи чорної від віку:

$$\rho_{ск} = 0,406 + 0,0012 a - 0,00001 a^2, (R^2 = 0,34), \quad (1)$$

де  $\rho_{ск}$  – базисна середня щільність деревини в корі;  $a$  – вік стовбура.

Зіставлення одержаних нами даних з даними П. І. Лакиди, І. В. Блищика [6] для Західного Полісся та О. І. Полубояринова для Європейської частини колишнього СРСР [8] (табл. 3) свідчать, що за нашими даними показник природної щільності деревини вільхи у корі є дещо меншим, що пояснюється особливостями росту вільхи чорної в умовах Степу та меншою вологістю, у той час як значення середньої базисної щільності практично збігаються.

Таблиця 3

**Зіставлення показників середньої щільності деревини вільхи чорної за даними різних авторів**

Середня щільність	Деревина в корі, $\text{г} \cdot (\text{см}^3)^{-1}$		
	Дані автора	Дані П. І. Лакиди, І. В. Блищика [6]	Дані О. І. Полубояринова [8]
Природна	0,851	0,892	0,889
Базисна	0,434	0,435	0,438

Загалом зазначимо, що виявлені особливості фізико-механічних властивостей деревини вільхи чорної необхідно враховувати при визначенні величини депонування насадженнями вуглецю та розробці відповідних заходів, спрямованих на посилення кліматорегулювальних функцій лісів [1].

**Висновки.** Вік дерева та його діаметр є найбільш інформативними ознаками, які визначають щільність деревини стовбура. Природна щільність вільхової деревини в корі має тенденцію до зростання до 50-річного віку, а потім поступово зменшується. Природна щільність деревини у корі на відносних висотах рівномірно збільшується від окоренка до верхівки. У дерев віком 21–50 років на ділянці  $0,25-0,5h$  вона зростає повільніше, а у дерев віком понад 50 років – інтенсивніше. Це пов'язане, насамперед, з особливостями структури деревини на різних висотах стовбура, а також з ураженням дерев вільхи у старшому віці гнилями в нижній частині стовбура.

Показники базисної щільності деревини в корі за відносними висотами для дерев у віці 31–40 років мають мінімальні значення на відносній висоті  $0,5h$ , а у віці понад 50 років – на

висоті 0,25h, у той час як для дерев віком 21–30 і 41–50 років значення базисної щільності рівномірно зростають.

Базисна щільність деревини в корі стовбурів вільхи є мало мінливою (різниця між найбільшим і найменшим значенням є дещо більшою ніж 10 %), показники експлуатаційної щільності (за повітряно-сухої вологості) та нормалізованої щільності (12 %) будуть також майже однаковими для деревини з дерев різного віку, з різних частин дерева та з дерев у різних кліматичних зонах. Такі значення свідчать про стабільність щільності деревини у вільхи, що є важливим для практичного використання.

Показник природної щільності деревини вільхи в корі є дещо меншим порівняно з даними для інших регіонів, що пояснюється особливостями росту вільхи чорної в умовах Степу та меншою вологістю, у той час як значення середньої базисної щільності за різними регіонами є практично однаковими.

**Подяка.** Автори висловлюють вдячність доценту кафедри лісоуправління та лісоексплуатації ХНАУ ім. В. В. Докучаєва Ю. В. Карпцю за цінні поради та консультації, надані під час підготування статті.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Букаша І. Ф. Інвентаризація парникових газів у секторі землекористування та лісового господарства / І. Ф. Букаша, О. В. Бутрим, В. П. Пастернак – Х. : ХНАУ, 2008. – 232 с.
2. *Вольнский В.Н.* Взаимосвязь и изменчивость физико-математических свойств древесины / В. Н. Вольнский. – Архангельск : Изд-во АГТУ, 2000. – 196 с.
3. Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон : ГОСТ 16483.10-73 [Электронный ресурс]. – [Введен в действ. 1974-07-01]. – [переизд. (сент. 1999) с изм.]. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 7 с. – (Межгосударственный стандарт). – Режим доступа : <http://www.gostedu.ru/17334.html>.
4. Древесина. Метод определения условного предела прочности при сжатии поперек волокон : ГОСТ 16483.11-72 [Электронный ресурс]. – [Введен в действ. 1973-01-01]. – [переизд. (сент. 1999) с изм.]. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 6 с. – (Межгосударственный стандарт). – Режим доступа : <http://www.gostedu.ru/42032.html>.
5. *Лакида П. І.* Фітомаса лісів України / П. І. Лакида– Тернопіль : Збруч, 2002. – 256 с.
6. *Лакида П. І.* Фітомаса вільшняків Західного Полісся України : монографія / П. І. Лакида, І. В. Блищик. – Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І.С., 2010. – 237 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. *Стороженко В. І.* Закономірності формування вільхових деревостанів Придонецького степу / В. І. Стороженко, В. П. Пастернак, В. Ю. Яроцький // Наук. вісн. НУБіП України. – 2010. – Вип. 152., ч. 2. – С. 183–188.

Storozhenko V. I.<sup>1</sup>, Pasternak V. P.<sup>2</sup>

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ALDER WOOD IN STANDS OF DONETS STEPPE

1. *Donetsk Regional Administration of Forest and Hunting Management*

2. *Ukrainian Research Institute of forestry & forest melioration named after G. M. Vysotsky*

The paper dwells on questions of assessment of physical and mechanical properties of black alder wood in forest stands of Donets steppe. Natural and basic density and strength of the wood are determined. It has been established that the age of the tree and its diameter are the most informative features that determine the density of the wood of the stem. Natural density of alder barked wood tends to increase until age 50 and then gradually decreases. Basic barked wood density of alder stems is less variable. These values show a considerable stability of alder wood density (and mechanical properties, respectively), which is essential for its practical use.

**Key words:** wood properties, black alder, strength, natural density, basic density.

Стороженко В. И.<sup>1</sup>, Пастернак В. П.<sup>2</sup>

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ОЛЬХИ В ДРЕВОСТОЯХ ПРИДОНЕЦКОЙ СТЕПИ**

*1. Донецкое областное управление лесного и охотничьего хозяйства*

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

Рассматриваются вопросы оценки физико-механических свойств древесины ольхи черной в лесных насаждениях Придонецкой степи. Определены показатели природной и базисной плотности, а также прочности древесины. Установлено, что возраст дерева и его диаметр являются наиболее информативными признаками, которые определяют плотность древесины ствола. Природная плотность ольховой древесины в коре имеет тенденцию к увеличению до 50-летнего возраста, а потом постепенно уменьшается. Базисная плотность древесины в коре стволов ольхи мало изменчива. Это свидетельствует о значительной стабильности плотности и механических свойств древесины ольхи, что является важным для практического ее использования.

**Ключевые слова:** свойства древесины, ольха черная, прочность, природная плотность, базисная плотность.

*E-mail: [monitoring@uriffm.org.ua](mailto:monitoring@uriffm.org.ua)*

*Одержано редколегією 31.10.2013 р.*