

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ ПАВЛОВНІЇ ПОВСТИСТОЇ *PAULOWNIA TOMENTOSA*  
(THUNB.) STEUD.**

**Іванюк Андрій Петрович**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна  
ORCID: 0000-0002-1489-4733  
ivanykandr@ukr.net

**Заячук Василь Яремович**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна  
ORCID: 0000-0002-0342-2482  
zayachuk\_vsim@ukr.net

**Лисюк Роман Миколайович**

кандидат фармацевтичних наук, асистент  
Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна  
ORCID: 0000-0003-0961-2970  
pharmacognosy.org.ua@ukr.net

**Дармограй Роман Євдокимович**

кандидат фармацевтичних наук, доцент  
Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна  
ORCID: 0000-0002-2257-6911  
lvivdar@gmail.com

*Узагальнено дані літературних джерел та наведено результати досліджень біолого-екологічних властивостей *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. в умовах Західного Лісостепу України. Досліджено механічні властивості деревини павловнії, вирощеної шляхом плантаційного вирощування в Україні.*

*Об'єкт дослідження – деревина павловнії повстистої, вирощена в умовах Західного Лісостепу України.*

*Предмет дослідження – механічні властивості деревини павловнії повстистої.*

*Мета роботи – узагальнити відомості та систематизувати наявні наукові дані щодо таксономічної характеристики, морфологічних та екологічних особливостей павловнії повстистої в Україні, дослідити механічні властивості деревини за плантаційного вирощування та зробити оцінку щодо придатності її використання в промисловості.*

*Основні завдання дослідження: визначити міцність деревини павловнії; зробити порівняльну оцінку механічних властивостей деревини павловнії та автохтонних порід; проаналізувати можливість використання деревини павловнії в різних галузях промисловості.*

*Наукова новизна отриманих результатів дослідження – про механічні властивості деревини павловнії повстистої, вирощеної в Україні, інформація в проаналізованих нами друкованих та електронних виданнях відсутня. Серед механічних властивостей досліджено: міцність деревини при стиску вздовж волокон, міцність при статичному згині, торцеву твердість, модуль пружності. Встановлено, що для павловнії характерна різка зміна механічних властивостей деревини в межах діаметру стовбура. Показники основних механічних властивостей серцевинної та заболонної частини стовбура характеризуються мінімальними значеннями, а серединної частини стовбура (між серцевиною і заболонню) – максимальні. Так, якщо за своїми основними усередненими характеристиками деревина павловнії повстистої близька до деревини осики, то деревина серединної частини стовбура за окремими показниками наближається до деревини хвойних порід, які мають досить широке використання у будівництві.*

*Практична значущість результатів дослідження – отримані нами дані можуть враховуватися фахівцями деревообробної, меблевої та аграрної галузі при плануванні створення плантацій та використання деревини павловнії повстистої.*

**Ключові слова:** плантації, міцність деревини, торцева твердість, модуль пружності.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.2.5>

**Вступ.** Україна за загальною площею лісів та запасами деревини належить до країн із недостатніми лісовими ресурсами. Ліси на території держави розміщені нерівномірно, найбільша лісистість притаманна Україн-

ським Карпатам та Полісся (Gensiruk, 1992). За останніми даними державного лісового кадастру у вкритій лісом площі України переважають молодняки та середньовікові насадження, а пристигаючі, стиглі та перестійні

деревостани складають в цілому тільки 23-24%. Причиною даного розподілу за класами віку є надмірне вирубування деревостанів в останні десятиліття та довготривале лісовідновлення на отриманих зрубках.

Вік рубки головного користування для більшості лісотвірних порід (дуб звичайний, сосна звичайна, бук лісовий, ялина звичайна та ялиця біла) становить 80-100 років. У зв'язку з цим, основною проблемою є не переважання молодняків і середньовікових насаджень, а тривалий період вирощування автохтонних деревних видів. Це спричиняє появу дефіциту ділової деревини.

Вагомим шляхом вирішення цієї проблеми в довготривалій перспективі є створення плантаційних насаджень швидкорослих порід, які здатні в дуже стислі терміни (5-10 років) нагромадити значний запас деревини, придатної для промислового використання. Одним із таких потенційно перспективних деревних видів для вирощування у промислових масштабах є павловнія повстиста *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. (Icka et al., 2016; Ivaniuk & Kharachko, 2019; Matskevych et al., 2019; Zhu et al., 1986).

Указом Президента України № 668/2021 від 17 грудня 2021 року в Україні затверджено «Стратегію біобезпеки та біологічного захисту», яка передбачає запровадження ефективного і дієвого механізму поводження з чужорідними видами, здійснення контролю за їх потраплянням до природних екосистем.

Згідно Наказу Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 03.04.2023 № 184, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України за № 642/39697, *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. віднесено до інвазійних чужорідних видів, заборонених для створення та відновлення лісів та полезахисних смуг на території нашої держави.

Єдиної думки у сучасних наукових роботах щодо оцінки інвазійності деревних видів немає. Найчастіше інвазійним вважають чужорідний вид, інтродукція та поширення якого загрожує біологічному різноманіттю та має негативні наслідки (McNeely et al., 2001). Richardson et al. (2000) вважають, що при визначенні інвазійного виду основним є такий критерій як натуралізація.

Для об'єктивної оцінки інвазійного статусу павловнії повстистої в різних природно-кліматичних умовах України, на наш погляд, необхідно провести низку досліджень, щодо самовідновлення, активного та масового поширення не лише в антропогенних, а й у природних біотопах окремих регіонів, взаємодію з місцевими видами, тенденції до вкорінення у природні ценози та загрози біорізноманіттю екосистем.

Розглядаючи використання павловнії, ми бачимо її як деревний вид, призначений виключно для плантаційного вирощування з належним контролем її розповсюдження та впливу на біорізноманіття прилеглих територій.

Властивості деревини павловнії повстистої, вирощеної в Україні, описані в обмеженій кількості наукових джерел (Ivaniuk et al., 2021). Дослідження властивостей деревини павловнії, заготовленої від культивованих екземплярів в умовах України, дасть змогу порівняти її з автохтонними видами, оцінити якості та визначити пер-

спективи використання в промисловості. Тому метою даної роботи було узагальнити відомості та систематизувати наявні наукові дані щодо таксономічної характеристики, морфологічних та екологічних особливостей павловнії повстистої в Україні та дослідити механічні властивості деревини за плантаційного вирощування.

**Методологія та методи.** У роботі використано загальноприйняті методи наукових досліджень: системного аналізу друкованих та електронних джерел, систематизації наявних відомостей, узагальнення отриманих інформаційних даних. Пошук інформації здійснювали у періодичних друкованих та електронних виданнях, а також у пошукових електронних наукових базах, шляхом аналізу нормативно-технічної документації та державних стандартів; проведення інвентаризації дендропарків регіону досліджень.

Взірці деревини стандартних розмірів для вивчення механічних властивостей деревини виготовлено із відібраних модельних дерев павловнії відповідно до встановлених вимогами діючих стандартів (DSTU ISO 3129:2015 2016, EN 350:2016 2016). Модельні дерева віком 10 років заготовлені на плантаціях, які зростають у Львівському районі Львівської області. Дослідні взірці деревини виготовлено з трьох різних кряжів в межах стовбура для виявлення зміни властивостей деревини та відібрано за радіусом стовбура для визначення властивостей деревини в межах діаметру.

Визначення механічних властивостей деревини павловнії повстистої проведено в лабораторії деревинознавства кафедри ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу НЛТУ України на універсальній випробувальній розривній машині IP 5057-50.

Визначення міцності деревини при стиску вздовж волокон проводили на спеціальному пристрої згідно DSTU ISO 3129:2015. Зразок деревини розміром 20\*20 мм та заввишки 30 мм з допуском +1 мм рівномірно навантажували з зусиллям з такою швидкістю, щоб руйнування зразка деревини відбулося через 0,5-1,5 хв після початку навантаження. Момент руйнування взірця фіксували на цифровому силівимірювачі. Границю міцності деревини при стиску вздовж волокон визначали за стандартними формулами з переведенням її на вологість 12%.

Визначення модуля пружності деревини при статичному згині проводили згідно DSTU ISO 3129:2015. Для досліджень використовували бруски деревини розміром 20\*20 мм та завдовжки 300 мм (Vintoniv et al., 2007). Зразки розміщували на двох опорах, які симетрично розташовані відносно середини довжини взірця. Зусилля спрямовували по дотичній до річних шарів. Зразки навантажували до 800 Н та плавно розвантажували до 300 Н шість разів, заміряючи протягом 10 сек. прогин з точністю до 0,01 мм. Модуль пружності деревини при статичному згині визначають за стандартними формулами з переведенням на вологість 12%.

Визначення ударної твердості деревини проводили на приладі А.Х. Певцова. Для досліджень використовували бруски деревини розміром 20\*20 мм та завдовжки вздовж волокон 150 мм (Vintoniv et al., 2007). Ударну

твердість деревини визначали на радіальній площині взірця величиною відбитка через копіювальний папір від триразового падіння сталльної кульки діаметром 25 мм з висоти 500 мм. Ударну твердість деревини визначали за стандартними формулами з переведенням її на вологість 12%.

**Результати.** Відповідно до таксономічної класифікації квіткових рослин А.Л. Тахтаджяна (Takhtajan, 2009), рід *Paulownia* (*Paulownia* Siebold & Zucc.) входить до триби *Paulownieae* підродини *Scrophularioideae* родини Ранникові (*Scrophulariaceae*), порядок Губоцвіті (*Lamiales*), надпорядок *Lamianae*, підклас *Lamiidae*, клас Дводольні, або Магноліопсиди (*Magnoliopsida*), відділ Покритонасінні, або Магноліофіти (*Magnoliophyta*). Згідно актуальної версії *World Flora Online* (*World Flora Online*), рід *Paulownia* внесено до окремої родини *Paulowniaceae*.

Родина Ранникові (*Scrophulariaceae* Lindl.) охоплює близько 250 родів і 3000 видів, що ростуть, в основному, в помірних і субтропічних поясах Земної кулі. Серед життєвих форм в родині представлені одно- і багаторічні трави, рідше низькі кущі та кущики. Суттєвої ролі у формуванні рослинних угруповань на відіграють. Листки, переважно, прості, черешкові, супротивні, рідше почергові чи кільчасті, без прилистків. Квітки двостатеві, зигоморфні, п'ятичленні, зібрані у верхівкові або пазушні суцвіття, перехреснозапильні. Плоди у більшості з них – коробочки, рідше багатонасінні ягодоподібні та одонасінні кістянокоподібні. Насінини з розвиненим соковитим ендоспермом. Господарська цінність ранникових незначна. З окремих видів отримують сировину, яку використовують для лікування серцевих та легневих хвороб. Багато видів, зокрема кущикових, культивують як декоративні красиво квітучі рослини ([Лура, 1977; Kalinichenko, 2003; Zayachuk, 2014).

Рід Павловнія (*Paulownia* Sieb. et Zucc.) нараховує близько 10 видів, які природно ростуть в Китаї. Широко поширені вони у країнах Східної Азії та рідше за її межами. Перспективні для використання в озелененні на півдні Криму павловнія лілова (*Paulownia lilacina* Sprague) і павловнія Фарджеса (*Paulownia fargesii* Franch.), які природно ростуть в Західному Китаї, та павловнія корейська (*Paulownia coreana* Uyeki), що походить з Корейського півострова (Kohn et al., 2005).

Павловнія повстиста (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. – листопадне дерево до 15-25 м заввишки і 60-70 см діаметром (в умовах західної України заввишки 15-20 м, верхівки часто обмерзають). Крона округла або яйцеподібна, розлога. Кора сіра. Пагони товсті, з рудим опушенням, з віком голі, всередині порожнисті. Їхня серцевина губчата, білосніжна. За вегетаційний період пагони можуть прирости до 3-4 м. Листки прості, широкояйцеподібні, дещо трилопатеві, 15-30 см завдовжки, на порослевих пагонах до 50 см, супротивні, основа серцеподібна, верхівка загострена, цілокраї, знизу повстисті, зі специфічним запахом. Черешки округлі, пустотілі, товщиною близько 1,5 см. Вважають, що це дерево росло в раю, де Адам та Єва використовували його великі листки замість одягу, з чим і пов'язана інша назва рослини – адамове дерево. Квітки світло-фіолетові, великі, дзвоникоподібні,

з 5-лопатеvim віночком, синьо-лілового кольору, запашні, зібрані у верхівкові прямостоячі красиві пірамідальні волоті 20-30 см завдовжки (рис. 1). Цвітуть до появи листків. В умовах заходу України зацвітає пізно. Квітки не завжди встигають зав'язатися і утворити насінини, оскільки часто підмерзають. Проте в сприятливі роки павловнія повстиста формує великі смолисті плоди, урожай яких може становити до 7-10 кг з дерева. Плоди – широкояйцеподібні, світло-коричневі, дерев'янисті, багатонасінні коробочки завдовжки 3-4 см, розкриваються двома стулками, з багаточисельними світло-коричневими дрібними крилатими насінинами (Ivaniuk et al., 2019) (рис. 2). З її насінин добувають цінну олію, яку використовують в Японії як домішку до відомого високоякісного японського лаку. З легкої деревини пресують паркет, фанеру, дошки, виготовляють ізоляційний матеріал та корки (Bozhok & Vintoniv, 1992; Ryabchuk & Zayachuk, 2004; Matskevych et al., 2019). Може використовуватися як якісна сировина для виробництва целюлози та паперу (Ates et al., 2008).



Рис. 1. Цвітіння павловнії повстистої (Ботсад НЛТУ України, травень, 2022 р.)



Рис. 2. Плоди і насіння павловнії повстистої (Ботсад НЛТУ України, листопад, 2022 р.)

Як перспективний напрям використання сировинних органів павловнії повстистої розглянуто можливості їх застосування у медичній та фармацевтичній галузі, зокрема як джерела протизапальних і антибактеріальних фітосубстанцій (Darmohray & Lysiuk, 2021; Sławińska et al., 2023).

Батьківщина павловнії повстистої – Центральний Китай. Швидкоросла, вибаглива до родючості ґрунту, теплолюбна, придатна до культивування в південних районах України. Широко поширена в країнах Східної Азії, зокрема Японії. Першим в Європу у 1830 році її привіз нідерландський ботанік Зібольд. З Європи павловнію повстисту завезли в Україну в 1864 році в Нікітський ботанічний сад. Згодом вона поширилась по території України, де зараз її використовують в озелененні, зокрема в Закарпатті (м. Мукачєво) та у Львові (Ботанічний сад НЛТУ України, парк «Залізна вода») (Zayachuk, 2014).

Плантаційним вирощуванням павловнії повстистої у світі займаються впродовж останніх 40 років (Ivaniuk & Kharachko, 2019). Планації цієї породи створені в країнах Європи, Азії, Північної та Південної Америки та Австралії. Головним чинником, який стримував значне розповсюдження породи, вважали її низьку морозостійкість. Досвід вирощування породи в сусідніх країнах, зокрема Румунії, Угорщині, Словаччині, Польщі, Молдові, а також плантації павловнії у США на Алясці, свідчать про можливість успішного культивування породи в природно-кліматичних умовах України.

На сьогодні у Державному реєстрі сортів рослин зареєстровано 11 сортів павловнії повстистої, придатних для поширення в Україні (табл. 1). Зареєстровані сорти павловнії належать до груп енергетичних, декоративних і технічних культур та рекомендовані для вирощування у всіх природно-кліматичних зонах країни (State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine, 2022).

Оптимальними лісорослинними умовами для вирощування павловнії є вологі ґрунти легкого механічного складу, з кислотністю близькою до нейтральної (рН=6,0-7,0) та з рівнем ґрунтових вод не вище 2 м. Інтродуцент формує стрижневу кореневу систему,

здатну проникати в ґрунт на значну глибину, тому ділянки з ознаками заболочення для вирощування породи є непридатними (Ivaniuk & Kharachko, 2019; Matskevych et al., 2019). Порода дуже світлолюбна, будь-яке, навіть короточасне затінення спричинює суттєве сповільнення росту. Павловнія повстиста здатна витримувати температури від -20° С до +40°С та успішно рости при середньорічній кількості опадів більше 500 мм. (Iscka et al., 2016; Zhu et al., 1986). Вплив абсолютного мінімуму температурного режиму не є визначальним для дорослих дерев, більш суттєвий вплив мають пізні весняні та ранні осінні заморозки на молоді рослини. Саджанці, які активно ростуть увесь вегетаційний період, часто не встигають здерев'яніти і у випадку ранніх осінніх морозів можуть підмерзати.

Особливої уваги, на наш погляд, заслуговують гібриди павловнії повстистої та інших видів павловнії, зокрема *Paulownia Shan Tong* (гібрид *Paulownia tomentosa* і *Paulownia fortunei*) та *Paulownia Pao Tong Z07* (гібрид *Paulownia tomentosa*, *Paulownia fortunei* і *Paulownia kawakamii*), які характеризуються вищою морозостійкістю, відповідно -28° С і -33° С та більшою інтенсивністю росту, порівняно з павловнією повстистою. Так, однорічні саджанці гібриду *Paulownia Shan Tong*, вирощені нами на сірих лісових ґрунтах західного Лісостепу без підживлення і поливу ґрунту досягли середньої висоти – 1,72 м та середнього діаметра – 4,2 см (рис. 3).

Механічні властивості деревини за своєю суттю є здатністю деревини чинити опір дії зовнішніх сил, які спричиняють тимчасові або постійні деформації, а при граничних (максимальних) навантаженнях руйнують деревину. Основною характеристикою такої протидії є міцність деревини, тісно пов'язана з поняттями стиску, розтягу і згину, модулем пружності. Власне характеристики міцності є необхідними показниками для встановлення практичного та економного використання деревини у різних галузях.

Нами проведено низку досліджень основних механічних властивостей деревини павловнії повстистої за типовими методиками (DSTU ISO 3129:2015 2016; EN 350:2016 2016; Vintoniv et al., 2007; Nowak et al., 2021) та отримано результати, наведені в табл. 2.

Таблиця 1

**Сорти павловнії повстистої *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud., придатні для поширення в Україні**

№з/п	Назва роду	Назва сорту	Рік державної реєстрації
1	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	Hiant 27	2021
2	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	Enerdzhy	2022
3	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	ZE PRO	2020
4	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	In Vitro 112	2017
5	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	Kvinerdzhy	2020
6	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	Cotevisa 1	2019
7	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	Cotevisa 2	2019
8	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	Lilov	2020
9	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	Syla pryrody	2021
10	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	TURBO PRO	2020
11	<i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.	Feniks	2020



Рис. 3. Однорічні саджанці гібриду *Paulownia Shan Tong*

Таблиця 2

Основні механічні властивості деревини павлонії повстистої

Показник	N, шт.	M±m	±σ	V, %	P, %
Міцність при стиску вздовж волокон, Н/мм <sup>2</sup> :					
заболонь	100	22±0,42	4,18	19,0	1,9
серединна частина	100	29±0,32	3,26	11,2	1,1
серцевина	100	18±0,29	2,87	15,9	1,6
Міцність при статичному згині, Н/мм <sup>2</sup> :					
заболонь	100	26±0,60	5,95	22,9	2,3
серединна частина	100	72±1,79	17,93	24,9	2,5
серцевина	100	24±0,31	3,12	13,0	1,3
Твердість торцевої, Н/мм <sup>2</sup> :					
заболонь	30	11±0,54	2,96	26,9	2,7
серединна частина	30	46±1,92	10,53	22,9	2,3
серцевина	30	16±0,62	3,42	21,4	2,1
Модуль пружності Н/мм <sup>2</sup> , EI:					
заболонь	100	5200±67,39	673,92	13,0	1,3
серединна частина	100	11450±274,46	2744,56	24,0	2,4
серцевина	100	7300±109,43	1094,27	15,0	1,5

Як видно з даних табл. 2, основні механічні показники деревини павлонії повстистої не є дуже високими, що можна пояснити широкими річними приростами, а як відомо, швидкорослі деревні види, переважно, мають невисокі показники механічних властивостей деревини. Характерною для павлонії повстистої ознакою деревини є значна різниця в показниках міцності між заболонню і серцевиною, які знаходяться у досить близькому діапазоні значень, та серединною частиною стовбура, міцність якої значно вища, іноді, як у випадку із показником міцності при статичному згині та торцевої твердості, навіть у три рази. На практиці це означає, що при використанні деревини павлонії у виробках, які зазнають значних навантажень, доцільно використовувати лише серединну між серцевиною та заболонню частину стовбура.

Тенденцію різкої зміни механічних властивостей деревини павлонії повстистої в межах діаметру стовбура добре помітно при руйнуванні взірців при випробу-

ваннях (рис. 4). Так, при випробуванні на статичний згин деревина серцевинної та заболонної частини дає характерний різкий злам, а серединної частини стовбура – гнеться, але без різких розривів, що підтверджує наші рекомендації щодо практичного використання деревини павлонії повстистої в різних виробках та конструкціях, де потрібна міцність при статичному згині.

Для точнішого та об'єктивного порівняння властивостей деревини павлонії повстистої наведемо її характеристики у порівнянні з вітчизняними хвойними та листяними породами (табл. 3).

Як видно з даних табл. 3, для павлонії характерна різка зміна механічних властивостей деревини в межах діаметру стовбура. Показники основних механічних властивостей серцевинної та заболонної частини стовбура характеризуються мінімальними значеннями, а серединної частини стовбура (між серцевиною і заболонню) – максимальні. Так, якщо за своїми основними усередненими характеристиками деревина павлонії



– при стиску вздовж волокон,



– при статичному згині

**Рис. 4. Характер руйнування зрізів деревини павловнії повстистої**

Таблиця 3

**Порівняльна характеристика механічних властивостей деревини павловнії повстистої та автохтонних порід**

Показник	Деревні породи								
	павловнія	сосна	ялина	ялиця	дуб	ясен	бук	липа	осика
Модуль пружності $N/mm^2$ , EI	7700 (5000-11000) (серцевина-серединна частина)	12000	12500	11000	13000	13400	16000	9000	7800
Міцність, $N/mm^2$ : при стиску вздовж волокон	22 (18-29) (серцевина-серединна частина)	55	44	47	61	52	60	48	33
Міцність, $N/mm^2$ : при статичному згині	46 (25-70) (серцевина-серединна частина)	100	95	73	88	120	123	98	56
Твердість торцева, $N/mm^2$	28 (10-46) (серцевина-серединна частина)	40	32	30	64	65	72	39	22

Примітка. \*Дані для всіх порід, крім павловнії повстистої, з EN 350:2016

повстистої близька до деревини осики, то деревина серединної частини стовбура за окремими показниками наближається до деревини хвойних порід, які мають досить широке використання у будівництві.

**Дискусія.** Властивості деревини павловнії повстистої описані в обмеженій кількості наукових джерел та містять досить суперечливі дані. Більшість наукових праць висвітлюють проблему плантаційного вирощування та умов культивування породи. Так, Piro Icka, Robert Damo та Engjellushe Icka (2016) описують результати культивування павловнії повстистої в лісорослинних умовах південно-східної Албанії, вказують на швидкий ріст та високу пристосованість породи до різних кліматичних умов.

Maryam Sobhani, Abolghasem Khazaeian, Taghi Tabarsa та Alireza Shakeri (2011) відзначають, що павловнія є перспективним деревним видом для виготовлення сендвіч-панелей через її низьку щільність ( $0,26 \text{ г/см}^3$ ) і високе співвідношення міцності та маси деревини.

H'ng Paik San та ін. (2016), досліджуючи морфологію і анатомію клітин та фізико-механічні властивості деревини нового гібриду Green Paulownia, рекомендують

деревину породи як матеріал для виготовлення меблів та виробництва целюлози.

P. Kozakiewicz, A. Laskowska, S. Ciołek (2020) визначили, що щільність деревини гібридної павловнії (Shan Tong) вирощеної в Польщі в абсолютно сухому стані становить близько  $250 \text{ кг/м}^3$ . Дослідники вказують на високу пористість деревини павловнії (85%) і бачать її як хороший теплоізоляційний матеріал, який має сприятливі властивості опору, що характеризуються модулем пружності  $4,05 \text{ ГПа}$ .

На основі досліджень фізико-механічних властивостей деревини Paulownia COTE-2, вирощеної в Гранаді (регіон Іспанії), Lachowicz H., Giedrowicz A. (2020) встановили, що деревина павловнії дуже легка, її щільність становить  $270 \text{ кг/м}^3$ . Статичний вигин склав  $38 \text{ МПа}$  та міцність на стиск вздовж волокон становила  $24 \text{ МПа}$ .

Плантаційне вирощування *Paulownia tomentosa* в Угорщині практикують в останні 10-15 років. S. Komán та S. Feher (2017); S. Komán (2023) порівнюють деревину *Paulownia tomentosa* за основними механічними властивостями з деревиною тополь. S. Komán та S. Feher (2017), встановивши низьку щільність деревини павлов-

нії (300 кг/м<sup>3</sup>) і низькі показники її міцності (міцність при статичному згині – 42 МПа, міцність при стиску вздовж волокон – 22 МПа, міцність при розриві – 33 МПа, ударна міцність – 1,6 Дж.см<sup>2</sup>), не рекомендують її для виготовлення конструкційних матеріалів.

M. Nakan Akyildiz, Hamiyet Sahin Kol (2010) визначили механічні властивості деревини *Paulownia tomentosa*, вирощеної в Туреччині, зокрема, міцність деревини при статичному згині (43,56 Н/мм<sup>2</sup>), модуль пружності при згинанні (4281,32 Н/мм<sup>2</sup>), міцність при стиску вздовж волокон (25,55 Н/мм<sup>2</sup>).

Автори дослідження характеризують деревину павловнії як порівняно легку, з підвищеною стійкістю до гниття, яка не деформується, без тріщин та рекомендують її для виготовлення меблів, оздоблення автомобілів, літаків, а також для целюлозно-паперової промисловості.

Про характеристику деревини павловнії повстистої, вирощеної в Україні, інформація відсутня взагалі. Переважно, наукові праці низки дослідників в галузі деревинознавства, присвячені вивченню фізико-механічних властивостей деревини автохтонних та інших інтродукованих хвойних та листяних видів в Україні.

Дослідження властивостей вирощеної в умовах України деревини павловнії повстистої дасть змогу

порівняти її з автохтонними видами, дати оцінку якості та визначити перспективи використання в промисловості.

**Висновки.** Деревина павловнії повстистої за своїми основними усередненими характеристиками близька до деревини осики. При використанні деревини павловнії повстистої у виробі, які зазнають значних навантажень, доцільно використовувати лише середню частину поперечного перетину стовбура між серцевиною та заболонню, яка за окремими показниками наближається до деревини хвойних порід, у зв'язку з чим може мати досить широке використання у будівництві. Деревину павловнії повстистої можна рекомендувати як перспективну сировину для виробництва дров паливних та пелет.

Плануючи плантаційне вирощування павловнії повстистої, доцільно враховувати не тільки можливість отримання якісної деревини та великого об'єму біомаси за короткий період часу, але й інші корисні властивості породи: рясне щорічне цвітіння і відповідно високу нектаропродуктивність; перспективність застосування у медицині; здатність багато разів відновлюватись вегетативно після зрізання материнського дерева; можливість швидкого формування протиерозійних та вітрозахисних насаджень, заліснення ярів, неугідь, еродованих земель.

#### Бібліографічні посилання:

1. Akyildiz, M.H., & Kol, H.S. (2010). Some technological properties and uses of paulownia (*Paulownia tomentosa* Steud.) wood. *Journal of Environmental Biology* 31(3): 351–355. <https://www.researchgate.net/publication/47674933>
2. Ates, S., Ni, Y., Akgul, M., & Tozluoglu, A. (2008). Characterization and evaluation of *Paulownia elongata* as a raw material for paper production. *African Journal of Biotechnology* 7(22): 4153–4158.
3. Bozhok, O.P., & Vintoniv, I.S. (1992). *Derevnoznauvstvo z osnovamy lisovoho tovaroznavstva*. [Wood science with the basics of forest commodity science]. Kyiv: NMK VO. (in Ukrainian).
4. Darmohray, R.Y., & Lysiuk, R.M. (2021). Pavlovniiia pukhnasta (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) – perspektyvna likarska roslyna. [Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud. as a promising medicinal plant]. In: *Opening a new century: achievements and prospects: materials of a scientific-practical conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary National University of Pharmacy*. Kharkiv: National University of Pharmacy: 185–186. (in Ukrainian).
5. Kokhno, M.A., Trokhymenko, N.M., Parkhomenko L. I. et al. (2005). *Dendroflora Ukrainy. Dykorusli y kultyvovani dereva i kushchi. Pokrytonasinni*. [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and bushes. Angiosperms]. Part II. Directory. Kyiv: Fitosotsiotsentr. (in Ukrainian).
6. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini. [State register of plant varieties suitable for propagation in Ukraine]. 03.02.2022 r. <https://minagro.gov.ua/file-storage/reiestr-sortiv-roslyn> (in Ukrainian).
7. DSTU ISO 3129:2015 2016. Wood. Sampling methods and general requirements for physical and mechanical testing of small clear wood specimens (ISO 3129:2012, IDT). [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=64897](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=64897) (Accessed on 14 January 2023). (in Ukrainian).
8. EN 350:2016 2016. Durability of Wood and Wood-Based Products – Testing and Classification of the Durability to Biological Agents of Wood and Wood-Based Materials. Brussels, Belgium: CEN. 72 p.
9. Gensiruk, S.A. (1992). *Lisy Ukrainy*. [Forests of Ukraine]. Kyiv: Naukova dumka. 408 p. (in Ukrainian).
10. Icka, P., Damo, R., & Icka, E. (2016). *Paulownia tomentosa*, a Fast Growing Timber. *Annals of 'Valahia' University of Targoviste – Agriculture* 10(1): 14–19. doi: 10.1515/agr-2016- 0003
11. Ivaniuk, A. P., & Kharachko, T. I. (2019). Gruntova skhozhist nasinnia pavlovnii povstystoi *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. riznogo heohrafichnoho pokhodzhennia. [Soil germination of Paulownia seeds Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud. of different geographical origin]. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, 29(3), 32-35. <https://doi.org/10.15421/40290306> (in Ukrainian).
12. Ivanyuk, A.P., Harachko, T.I., & Ivantsov, E.P. (2019). Skhozhist nasinnia ta biometrychni pokaznyky plodiv pavlovnii povstystoi *Paulownia tomentosa* Steud. riznogo heohrafichnoho pokhodzhennia. [Similarity of seeds and biometric parameters of the fruits of Paulownia tomentosa Steud. of different geographical origin]. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, 29(1), 16-20. <https://doi.org/10.15421/40290102> (in Ukrainian).
13. Ivaniuk, A.P., Zaiachuk, V.Ya., Kharachko, T.I., Kolodii, T.V., & Miakush, B.M. (2021). Fizychni vlastyvyosti derevyny pavlovnii povstystoi – *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. [Physical properties of Paulownia wood – Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud]. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, 31(4), 71-75. <https://doi.org/10.36930/40310411> (in Ukrainian).
14. Jakubowski, M. (2022). Cultivation Potential and Uses of Paulownia Wood: A Review. *Forests* 13(5), 668. <https://doi.org/10.3390/f13050668>

15. Kalinichenko, O.A. (2003). Dekoratyvna dendrolohiia. [Decorative dendrology]. Kyiv: Vyshcha shkola. (in Ukrainian).
16. Komán, S. (2023). Quality characteristics of the selected variant of *Paulownia tomentosa* (Robust4) wood cultivated in Hungary. *Woods: Science and Technology* 25. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-221x2023000100401>
17. Koman, S., Feher, S., & Vityi, A. (2017). Physical and mechanical properties of *Paulownia tomentosa* wood planted in Hungaria. *Wood Research (Bratislava)* 62(2): 335–340. <https://www.researchgate.net/publication/317758862>
18. Kozakiewicz, P., Laskowka, A., & Ciolek, S. (2020). A Study of Selected Features of Shan Tong Variety of Plantation *Paulownia* and Its Wood Properties. *Annals of Warsaw University of Life Sciences, SGGW, Forestry and Wood Technology* 111: 116–123. <https://www.researchgate.net/publication/348761752>
19. Lachowicz, H., & Giedrowicz, A. (2020). Characteristics of the technical properties of *Paulownia COTE-2* wood [Charakterystyka jakości technicznej drewna paulowni COTE-2]. *Sylwan* 164(5): 414–423 (in Polish). <https://doi.org/10.26202/sylwan.2020024>
20. Lypa, O.L. (1977). Dendrolohiia z osnovamy aklimatyzatsii. [Dendrology with the basics of acclimatization]. Kyiv: Vyshcha shkola. (in Ukrainian).
21. Matskevych, O.V., Filipova, L.M., Matskevych, V.V., & Andriyevskiy, V.V. (2019). Pavlovniiia: naukovo-praktychnyi posibnyk. [Paulownia: a scientific and practical guide]. Bila Tserkva: BNAU. 80 p. (in Ukrainian).
22. McNeely, J.A., Mooney, H.A., Neville, L.E., Schei, P.J. & Waage, J.K. (2001). Global strategy on invasive alien species. Switzerland and Cambridge, UK, World Conservation Union (IUCN).
23. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine (2023). Order dated 04/03/2023 No. 184. Kyiv. (in Ukrainian). <https://mepr.gov.ua/mindovkilliya-zatverdyllo-perelik-chuzhoridnyh-vydiv-derev-zaboronenyh-uvivtvorenni-lisiv/>
24. Nowak, T., Patalas, F., & Karolak, A. (2021). Estimating Mechanical Properties of Wood in Existing Structures-Selected Aspects. *Materials* 14(8), 1941. <https://doi.org/10.3390/ma14081941>
25. Riabchuk, V.P., & Zaiachuk, V.Ya. (2004). Ratsionalne vykorystannia nederevnykh resursiv yak zasib pidvyshchennia produktyvnosti lisu. [Rational use of non-timber resources as a means of increasing forest productivity]. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine. Vyp. 14.5.* – S. 254 – 260. (in Ukrainian).
26. Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., & West, C.J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity Distrib.* (6): 93-107.
27. San, H.P., Long, L.K., Zhang, C.Z., Hui, T.C., Seng, W.Y., Lin, F.S., Hun, A.T., & Fong, W.K. (2016). Anatomical Features, Fiber Morphological, Physical and Mechanical Properties of Three Years Old New Hybrid *Paulownia*: Green *Paulownia*. *Research Journal of Forestry* 10(1): 30–35. <https://doi.org/10.3923/rjf.2016.30.35>
28. Stawińska, N., Zajac, J., & Olas, B. (2023). *Paulownia* Organs as Interesting New Sources of Bioactive Compounds. *International Journal of Molecular Sciences* 24(2), 1676. <https://doi.org/10.3390/ijms24021676>
29. Sobhani, M., Khazaeian, A., Tabarsa, T., & Shakeri, A. (2011). Evaluation of Physical and Mechanical Properties of *Paulownia* Wood Core and Fiberglass Surfaces Sandwich Panel. *Key Engineering Materials* 471–472: 85–90. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.471-472.85>
30. Takhtajan, A.L. (2009). Flowering Plants. 2nd ed. New York: Springer.
31. Vintoniv, I.S., Sopushynskiy, I.M., & Taishinger, A. (2007). *Derevoznavstvo*. [Wood science: academic. manual] (2nd ed., revised and expanded). Lviv: Apriori. 312 p. (in Ukrainian).
32. Verkhovna Rada of Ukraine. Official website (2021). Decree President of Ukraine On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated October 15, 2021 "On the Biosafety and Biological Defense Strategy" dated December 17, 2021 No. 668/2021. Kyiv. (in Ukrainian). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/668/2021#n5>
33. World Flora Online (WFO) Plant List. Snapshopts of the taxonomy. <https://wfoplantlist.org/plant-list>
34. Zayachuk, V.Ya. (2014). Dendrolohiya. [Dendrology]. Textbook: 2nd ed., revised and expanded. Lviv: Spolom. 676 p. (in Ukrainian).
35. Zhu, Z.-H., Chao, C.-Ju, Lu, X.-Yu, & Gao, X. Y. (1986). *Paulownia* in China: cultivation and utilization. Published by Asian network for biological sciences and international development research centre.

**Ivaniuk A. P.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

**Zayachuk V. Ya.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

**Lysiuk R. M.**, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

**Darmohray R. Ye.**, Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

#### **Prospects for the use of the wood of *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.**

*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud., commonly known as royal paulownia, empress tree, foxglove-tree or princess tree, is a fast-growing plant species, native to eastern Asia. The plant is introduced in Ukraine and currently its 11 varieties, suitable for dissemination and recommended for cultivation in all natural and climatic zones of the country, are registered, including the groups of energy, decorative and technical crops.

The purposes of the work comprise summarization and systematization of the available scientific data on the taxonomic characteristics, morphological and ecological features of *Paulownia tomentosa* in Ukraine, as well as the investigation



*of the mechanical properties of its wood during plantation cultivation and assessment of suitability and possibilities for the uses in various sectors of industry.*

*Relevant literature sources have been summarized and the results of research on the biological and ecological properties of Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud., under the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine, have been presented.*

*The mechanical properties of wood from paulownia, grown by plantation cultivation in Ukraine, have been determined for the first time and their further comparative assessment with autochthonous tree species has been performed. The determined mechanical properties include modulus of elasticity, compressive strength parallel to grain, static bending strength and static hardness. All these four measured characteristics have been specified as minimum values in sapwood and heartwood parts of the paulownia trunk, however, they have been absolutely characterized by the highest rates in the middle part (between the sapwood and heartwood). These data demonstrate that paulownia wood is characterized by a sharp change in the mechanical characteristics within the diameter of the trunk. By its main properties paulownia wood is close to the aspen wood, thus, its middle part of the trunk is closer to the wood of conifers, which are widely utilized in construction.*

*The received data might be taken into consideration by specialists in the woodworking, furniture and agricultural industries within the formation of paulownia plantations and the further application of its wood. When planning plantation cultivation of paulownia, it is advisable to take into account not only the possibility of obtaining high-quality wood and a large volume of biomass in a short period of time, but also its other useful properties: floral abundance and, accordingly, high nectar productivity; prospects for application in medicine; the ability of vegetative propagation regeneration several times after cutting the parent tree; the possibility of rapid formation of anti-erosion and wind protection plantings, afforestation of ravines, wastelands and land erosion areas.*

**Key words:** *plantations, wood strength and hardness, modulus of elasticity.*