



Р. Т. Максимчук

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

АНИЗОТРОПІЯ РОЗБУХАННЯ ПРЯМОВОЛОКНИСТОЇ ТА ХВИЛЯСТО-ЗАВИЛЬКУВАТОЇ ДЕРЕВИНИ *ABIES ALBA* MILL.

Вивчено особливості анізотропії розбухання прямоволокнутої та хвилясто-завилькуватої деревини ялиці білої в межах радіуса та висоти стовбура. Дослідженнями охоплено ялицевий деревостан у вологій смереково-буковій суяличині Буковинських Карпат. Взірці деревини відібрано з 12 модельних дерев ялиці білої із прямоволокнутою та хвилясто-завилькуватою структурою деревини. Встановлено, що середні значення тангентального та радіального розбухання прямоволокнутої деревини є більшими від аналогічних показників хвилясто-завилькуватої. Середні значення розбухання прямоволокнутої деревини за об'ємом становить 14,2-14,3 %, а для хвилясто-завилькуватої деревини – 11,9-12,1 %. Величина поперечної анізотропії розбухання прямоволокнутої деревини є на 20 % більшою від подібного показника для хвилясто-завилькуватої деревини ялиці білої. Щільність прямоволокнутої деревини при абсолютній вологості 8 % становить 380 кг·м⁻³ на висоті стовбура 1,3 м. Взірці хвилясто-завилькуватої деревини характеризуються на 21 % більшими середніми значеннями щільності деревини за абсолютної вологості 8 %. Щільність мокрої деревини змінюється від 900 до 1100 кг·м⁻³ за абсолютної вологості від 106 до 224 %. Встановлено істотні відмінності показників анізотропії розбухання та об'ємної маси прямоволокнутої та хвилясто-завилькуватої деревини ялиці білої.

Ключові слова: ялиця біла; хвилясто-завилькувата деревина; розбухання деревини; об'ємна маса; анізотропія деревини.

Вступ. Сучасні екологічні виклики в лісовому господарстві в контексті зміни клімату потребують вивчення природи виникнення утворів стовбура у процесі росту та розвитку деревних рослин. Тому вивчення фізичних властивостей деревини утворів стовбура є важливим для широкого використання деревини в різних галузях господарювання (Sopushynskyy, 2014). Неоднорідність структури деревини спонукає до її модифікування та покращення технічних характеристик, що зумовлює збільшення терміну експлуатації виробів з деревини (Ajdinaj et al., 2013; Sandberg et al., 2017). Одним із недоліків деревини є її гігроскопічність, яка спричиняє деформації у деревині. Зміна форми деревини зі збільшенням її вологості тісно пов'язана зі структурним впорядкуванням деревних волокон (Sopushynskyy, 2012). Однак деревина має безліч переваг, зокрема відновлюваність, а беручи до уваги малу об'ємну масу – дуже високу міцність та еластичність, а також незаперечні естетичні якості. Ці характеристики необхідні для виготовлення великого різноманіття виробів з деревини і на міжнародному ринку мають попит на деревинну сировину. Однак мала об'ємна маса деревини, як приклад ялиці білої, характеризується низькою проникністю, що ускладнює процеси її просочення (Ramezanpour et al., 2015). У цьому контексті важливим є вивчення процесів набрякання та показників пористості деревини. Набрякання деревини, що супроводжується збільшенням лінійних розмірів багатощарової клітинної стінки, тобто

змінюючи форми клітини в ранній та пізній деревині, що істотно визначає величину поперечної анізотропії (Lu-kašek et al., 2012; Almeida et al., 2014). Так, вміст фенолової сполуки істотно визначає величину лінійного розбухання деревини, зокрема межу насичення клітинних стінок заболонної (світлозабарвленої) деревини ялиці білої, яка є більшою від ядрової (темнозабарвленої) деревини (Torelli et al., 2017). Вологопровідність деревини істотно впливає на процеси висихання та набухання деревини, що зумовлено випаровуванням та вбиранням зв'язаної води клітинною стінкою (Rafsanjani et al., 2014).

Фібрилярна структура прямоволокнутої та хвилясто-завилькуватої деревини дає змогу визначити анізотропні відмінності у стовбурній деревині та зрозуміти природу змін у процесах росту та розвитку деревного виду внаслідок глобальних кліматичних змін (Solla et al., 2006; Maksymchuk & Sopushynskyy, 2017). Вивчення анізотропії розбухання деревини із різним нахилом деревного волокна спрямовано на встановлення причин виникнення внутрішніх напружень у деревині, які пов'язані із затриманою часткою деформації. Зміна анізотропії деревини свідчить про еволюційну оптимізацію опорної конструкції живої системи деревного стовбура, що відбувалась протягом тривалого біологічного розвитку. Біологічна еволюція деревних видів, завдяки вдосконаленню своєї фібрилярної структури, дає їм змогу адаптуватись до навколишнього середовища че-

Інформація про автора:

Максимчук Руслан Тарасович, аспірант кафедри ботаніки, деревинознавства та недеревних ресурсів лісу.

Email: r.maksymchuk@nltu.edu.ua

Цитування за ДСТУ: Максимчук Р. Т. Анізотропія розбухання прямоволокнутої та хвилясто-завилькуватої деревини *Abies Alba* Mill. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(10). С. 106–110.

Citation APA: Maksymchuk, R. T. (2017). Swelling Anisotropy of Straight-Grained and Wavy-Grained Wood of *Abies Alba* Mill. . *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(10), 106–110. <https://doi.org/10.15421/40271020>

рез природний відбір. У процесі природної конкуренції відбувається поєднання ознак, які виникають унаслідок внутрішньовидової випадкової мінливості або потрапляють ззовні. Під впливом різноманітних чинників природи формується самодостатня жива система та їх упорядкована структура.

Мета дослідження – вивчити показники анізотропії розбухання та об'ємної маси прямоволокнутої та хвилясто-завилькуватої деревини в межах радіуса та висоти стовбура *Abies alba* Mill.

Матеріали та методи дослідження. Дослідженнями охоплено стиглий ялицевий лісостан віком 105 років зі складом деревостану б'яцб3Бкл1Яле у типі лісу волога смереково-букова суяличина (С₃-см-бкЯц) в Лопушнянському лісництві ДП "Берегометське лісомисливське господарство" (48°06'02.34" пн.ш. 25°13'02.46" сх.д., 985 м н.р.м.). Для вивчення відмінностей показників анізотропії розбухання та об'ємної маси деревини відібрали шість модельних дерев із хвилясто-завилькуватою та шість модельних дерев із прямоволокнутою деревиною на пробній ділянці площею 0,5 га. З кожного модельного дерева випилювали кряжі довжиною 0,6 м на висотах 1,3 та 7,0 м. Взірці деревини стандартних розмірів 20×20×30 мм³ (±1 мм) вирізали в напрямку від кори до серцевини. Показники анізотропії розбухання деревини визначали як відношення різниці максимальних

і мінімальних розмірів до їх мінімальних розмірів у відсотках. Вивчення фізичних властивостей прямоволокнутої та хвилясто-завилькуватої деревини ялиці білої охопило визначення таких показників: абсолютну вологість за максимального насичення вологою ($W_{abs.max}$), лінійне розбухання в тангентальному (α_t) та радіальному (α_r) напрямках, лінійне розбухання за довжиною (α_l) та за об'ємом (α_V) і відповідно коефіцієнти розбухання – тангентальний ($K\alpha_t$), радіальний ($K\alpha_r$) та за об'ємом ($K\alpha_V$), величину поперечної анізотропії (α_t/α_r), а також щільність деревини (ρ_8 %) за абсолютної вологості 8 % та в мокрому стані ($\rho_{W_{abs.max}}$). Візріці деревини виміряли з точністю 0,01 мм та масу зважували – 0,001 г (Vintoniv et al., 2007).

Результати дослідження та їх обговорення. Неоднорідність та різноманітність структури деревини істотно визначає особливості розбухання деревини, що у біологічному та технологічному аспектах розкриває взаємозв'язок між анатомічними та фізико-механічними характеристиками деревини. Визначенню зміни показників анізотропії розбухання в межах радіуса та висоти стовбура належить вагоме місце у відборі високоякісної деревинної сировини. Вплив структури упорядкування деревинного волокна на величину анізотропії розбухання деревини ялиці білої наведено на рис. 1.

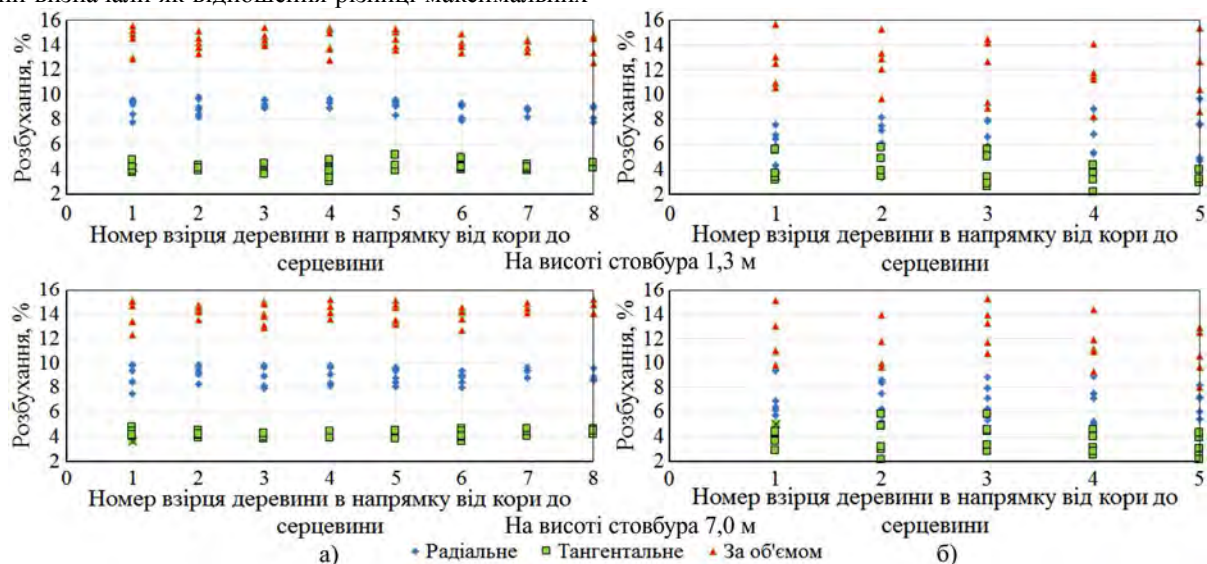


Рис. 1. Анізотропія розбухання прямоволокнутої (а) та хвилясто-завилькуватої (б) деревини ялиці білої

Величина поперечної анізотропії розбухання прямоволокнутої деревини ялиці білої змінюється більше для візріців деревини із периферійної зони стовбура та на висоті 1,3 м. Відмінність аналогічних показників для хвилясто-завилькуватої деревини ялиці білої є значною, що наочно показано на рис. 1 (б). Так, значення показників тангентального та радіального розбухання хвилясто-завилькуватої деревини ялиці білої наближаються графічно одні до одних, тобто зменшується поперечна анізотропія розбухання. Виходячи з цього, варто відзначити істотний вплив структурного упорядкування деревинного волокна на величину анізотропії розбухання деревини ялиці білої. Важливим є також визначення закономірностей формування об'ємної маси деревини ялиці білої, зважаючи на відмінності показників анізотропії розбухання деревини (рис. 2).

Об'ємна маса прямоволокнутої та хвилясто-завилькуватої деревини в мокрому стані знаходилась в межах

900-1100 кг×м⁻³. Більшими значеннями щільності деревини у мокрому стані характеризувалися візріці, виготовлені з периферійної зони, а саме з номерами 1 та 2. Залежності між показниками об'ємної маси деревини та місцем розміщення за радіусом та висотою стовбура не встановлено. Результати інших досліджень свідчать про те, що існує залежність між кількістю річних кілець в 1 см та об'ємною масою деревини, а саме із збільшенням кількості річних кілець та відсотка пізньої деревини її базисна щільність для хвойних порід збільшується (Sopushynskyy et al., 2016; Maksymchuk et al., 2017). Визначення середніх значень показників розбухання і об'ємної маси деревини та їх статистична достовірність має прикладне значення для деревооброблювальних виробництв. Середні значення показників анізотропії розбухання та об'ємної маси прямоволокнутої деревини ялиці білої та їх статистичну характеристику наведено в табл. 1.

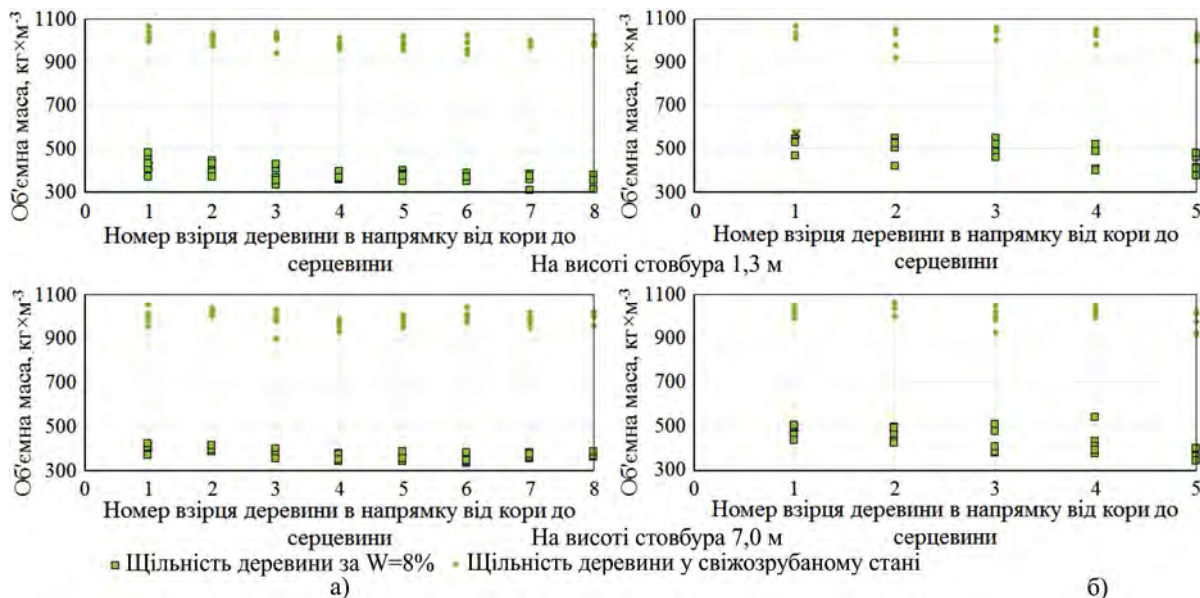


Рис. 2. Об'ємна маса прямоволокнутої (а) та хвилясто-завилькуватої (б) деревини ялиці білої

Табл. 1. Статистична характеристика показників анізотропії розбухання та об'ємної маси прямоволокнутої деревини ялиці білої

Висота зрізу стовбура	Показник	N, шт.	min	M^{pm}	max	V, %	P, %
1,3 м	α_t [%]	45	7,8	$9,0^{±0,08}$	9,8	6,1	0,9
	α_r [%]	45	3,0	$4,2^{±0,06}$	5,1	9,0	1,3
	α_l [%]	45	0,1	$0,6^{±0,03}$	1,0	32,1	4,8
	α_V [%]	45	12,6	$14,3^{±0,12}$	15,5	5,4	0,8
	α_t/α_r	45	1,6	$2,1^{±0,04}$	2,9	11,3	1,7
	$K\alpha_t$	45	0,26	$0,30^{±0,0027}$	0,33	6,1	0,9
	$K\alpha_r$	45	0,10	$0,14^{±0,0019}$	0,17	9,0	1,3
	$K\alpha_V$	45	0,42	$0,48^{±0,0039}$	0,52	5,4	0,8
	ρ_S [% [кг·м⁻³]	45	306	$380^{±5,2}$	481	9,2	1,4
	$\rho_{Wabs.max}$ [кг·м⁻³]	45	941	$997^{±4,3}$	1066	2,9	0,4
$W_{abs.max}$ [%]	45	188	$208^{±1,5}$	223	4,8	0,7	
7 м	α_t [%]	44	7,5	$9,0^{±0,09}$	9,9	7,0	1,1
	α_r [%]	44	3,6	$4,2^{±0,04}$	4,8	6,1	0,9
	α_l [%]	44	0,1	$0,5^{±0,04}$	1,0	45,0	6,8
	α_V [%]	44	12,3	$14,2^{±0,11}$	15,2	5,1	0,8
	α_t/α_r	44	1,9	$2,2^{±0,03}$	2,5	8,2	1,2
	$K\alpha_t$	44	0,25	$0,30^{±0,0052}$	0,33	7,0	1,1
	$K\alpha_r$	44	0,12	$0,14^{±0,0013}$	0,16	6,1	0,9
	$K\alpha_V$	44	0,41	$0,47^{±0,0036}$	0,51	5,1	0,8
	ρ_S [% [кг·м⁻³]	44	294	$371^{±3,7}$	421	6,6	1,0
	$\rho_{Wabs.max}$ [кг·м⁻³]	44	899	$991^{±4,7}$	1053	3,1	0,5
$W_{abs.max}$ [%]	44	186	$205^{±1,2}$	221	3,7	0,6	

Примітка: N – кількість проведених вимірювань; min – мінімальне значення; M^{pm} – середнє арифметичне значення та його помилка; max – максимальне значення; V – коефіцієнт варіації; P – показник точності.

Показники тангентального розбухання прямоволокнутої деревини знаходяться в межах від 7,8 до 9,8 % на висоті зрізу стовбура 1,3 м, а на 7 м – 7,5-9,9 % (див. табл. 1). Середні значення тангентального розбухання для взірців деревини, взятих на цих висотних зрізах стовбурів, є однаковим і становлять 9,0 %. Не встановлено достовірної різниці між об'ємними масами взірців деревини, виготовлених із висотних зрізів стовбура 1,3 та 7 м. Так, щільність прямоволокнутої деревини за $W_{abs.}=8\%$ на висоті 1,3 м дорівнює $380 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ і є більша на $7 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ від аналогічного показника на висоті зрізу стовбура 7 м. Середні значення коефіцієнтів розбухання прямоволокнутої деревини в тангентальному та радіальному напрямках є однаковими для висотних зрізів відбору взірців деревини 1,3 та 7 м і становлять $K\alpha_t = 0,30$ та $K\alpha_r = 0,14$. Діапазон зміни величини поперечної анізотропії є більшим для взірців деревини взятих з висотного зрізу стовбура на 7 м. Дані здійсненого аналізу дають змогу зробити висновок про відсутність достовірної різниці між показниками анізотропії розбухання

та об'ємної маси прямоволокнутої деревини ялиці білої на різних висотних зрізах стовбура. Результати дослідження показників анізотропії розбухання та об'ємної маси хвилясто-завилькуватої деревини ялиці білої наведено в табл. 2.

Дані цієї таблиці свідчать про істотні відмінності між показниками лінійного розбухання та об'ємної маси хвилясто-завилькуватої та прямоволокнутої деревини. Наприклад, середнє значення поперечної анізотропії розбухання деревини становить 1,8 і є на 22 % меншим від аналогічного показника для прямоволокнутої деревини. Об'ємна маса хвилясто-завилькуватої деревини змінюється в межах від 338 до $572 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ із середніми значеннями 479 та $431 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ відповідно на висотах зрізу стовбура 1,3 та 7 м. Останні є більшими на 26 та 16 % відповідно до висот зрізів стовбура 1,3 та 7 м, порівняно зі середніми значеннями щільності прямоволокнутої деревини ялиці білої. На окрему увагу заслуговує зменшення значень коефіцієнтів розбухання хвилясто-завилькуватої деревини на приблизно 20 % порів-

няно з ідентичними показниками прямоволокнистої деревини ялиці білої. Треба зазначити, що максимальне водовбирання хвилясто-завилькуватої деревини змінюється від 106 до 224 %, а для прямоволокнистої деревини – від 186 до 223 %. Отже, структурне упорядкування деревного волокна прямоволокнистої та хвиляс-

то-завилькуватої деревини ялиці білої істотно впливає на показники анізотропії розбухання та об'ємної маси деревини, що доцільно враховувати під час відбору високоякісної деревини для виготовлення столярних виробів.

Табл. 2. Статистична характеристика показників анізотропії розбухання та об'ємної маси хвилясто-завилькуватої деревини ялиці білої

Висота зрізу стовбура	Показник	N, шт.	min	$M^{\pm m}$	max	V, %	P, %
1,3 м	α_t [%]	25	3,4	$6,6^{\pm 0,32}$	9,6	24,4	4,9
	α_r [%]	25	2,2	$3,8^{\pm 0,19}$	5,7	24,6	4,9
	α_l [%]	25	0,2	$1,4^{\pm 0,17}$	3,9	63,1	12,6
	α_V [%]	25	8,2	$12,1^{\pm 0,43}$	15,7	17,8	3,6
	α_r/α_t	25	1,0	$1,8^{\pm 0,10}$	2,6	27,1	5,4
	$K\alpha_t$	25	0,11	$0,22^{\pm 0,0107}$	0,32	24,4	4,9
	$K\alpha_r$	25	0,07	$0,13^{\pm 0,0062}$	0,19	24,6	4,9
	$K\alpha_V$	25	0,27	$0,40^{\pm 0,0143}$	0,52	17,8	3,6
	$\rho_{8\%}$ [кг×м ⁻³]	25	374	$479^{\pm 11}$	572	12,0	2,4
	$\rho_{W_{abs,max}}$ [кг×м ⁻³]	25	905	$1020^{\pm 8,1}$	1068	4,0	0,8
$W_{abs,max}$ [%]	25	106	$153^{\pm 5,9}$	224	19,4	3,9	
7 м	α_t [%]	25	4,9	$6,9^{\pm 0,27}$	9,4	19,1	3,8
	α_r [%]	25	2,1	$3,7^{\pm 0,21}$	5,8	28,6	5,7
	α_l [%]	25	0,1	$1,0^{\pm 0,12}$	2,6	61,5	12,3
	α_V [%]	25	8,0	$11,9^{\pm 0,42}$	16,2	17,6	3,5
	α_r/α_t	25	1,1	$2,0^{\pm 0,09}$	2,7	23,8	4,8
	$K\alpha_t$	25	0,16	$0,23^{\pm 0,0088}$	0,31	19,1	3,8
	$K\alpha_r$	25	0,07	$0,12^{\pm 0,0070}$	0,19	28,6	5,7
	$K\alpha_V$	25	0,27	$0,40^{\pm 0,0140}$	0,54	17,6	3,5
	$\rho_{8\%}$ [кг×м ⁻³]	25	338	$431^{\pm 11}$	536	12,8	2,6
	$\rho_{W_{abs,max}}$ [кг×м ⁻³]	25	916	$1004^{\pm 7,8}$	1064	3,9	0,8
$W_{abs,max}$ [%]	25	125	$175^{\pm 5,6}$	216	16,0	3,2	

Висновки. Аналіз результатів дослідження анізотропії розбухання та об'ємної маси прямоволокнистої та хвилясто-завилькуватої деревини ялиці білої дає змогу зробити такі висновки:

- показник поперечної анізотропії розбухання деревини ялиці білої не змінюється істотно за висотою стовбура;
- показники тангентального та радіального розбухання деревини прямоволокнистої деревини є приблизно на 20 % більшими порівняно з аналогічними показниками для хвилясто-завилькуватої деревини;
- об'ємна маса прямоволокнистої та хвилясто-завилькуватої деревини у свіжозрубаних дерев змінюється від 900 до 1100 кг×м⁻³;
- середнє значення щільності хвилясто-завилькуватої деревини є приблизно на 21 % більшими від ідентичних показників прямоволокнистої деревини;
- максимальне водовбирання деревини ялиці білої знаходиться в діапазоні від 106 до 224 %.

Перелік використаних джерел

Ajdinaj, D., Lato, E., Quku, D., & Cota H. (2013). Modification of some Albanian wood properties through chemical treatment. *International Journal of Physical Sciences*, 8(9), 356–361. <https://doi.org/10.5897/IJPS12.710>.

Almeida, G., Huber, F., & Perré, P. (2014). Free shrinkage of wood determined at the cellular level using an environmental scanning electron microscope. *Ciencia y Tecnología*, 16(2), 187–198. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2014005000015>

Lukašek, J., Zeidler, A., & Barcik, S. (2012). Shrinkage of Grand Fir Wood and its Variability within the Stem. *Drvna Industrija*, 63(2), 121–128. <https://doi.org/10.5552/drind.2012.1140>

Maksymchuk, R. T., & Sopushynskyy, I. M. (2017). Macroscopic Features of the Wave-Grained Wood of Silver Fir. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(6), 33–37. <https://doi.org/10.15421/40270606>. [in Ukrainian].

Maksymchuk, R. T., Sopushynskyy, I. M., & Tymochko, I. Ya. (2017). Some Features of Formation of Annual Ring and Straight –

and Wave-Grained Basic Density Wood of *Abies Alba* Mill. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(9), 30–33. <https://doi.org/10.15421/40270906>. [in Ukrainian].

Rafsanjani, A., Stiefel, M., Jefimovs, K., Mokso, R., Derome, D., & Carmeliet, J. (2014). Hygroscopic swelling and shrinkage of late-wood cell wall micropillars reveal ultrastructural anisotropy. *J. R. Soc. Interface* 11, 1–10. <https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0126>

Ramezanpour, M., Tarmian, A., & Taghiyari, H. R. (2015). Improving impregnation properties of fir wood to acid copper chromate (ACC) with microwave pre-treatment. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 8, 89–94. <https://doi.org/10.3832/ifer1119-007>

Sandberg, D., Kutnar, A., & Mantanis, G. (2017). Wood modification technologies – a review. *iForest*, 10, 895–908. <https://doi.org/10.3832/ifer2380-010>.

Solla, A., Sánchez-Miranda, Á., & Camarero, J. J. (2006). Radial-growth and wood anatomical changes in *Abies alba* infected by *Melampsorella caryophyllacearum*: a dendroecological assessment of fungal damage. *Annals of Forest Science*, 63, 293–300. <https://doi.org/10.1051/forest:2006008>

Sopushynskyy, I. M. (2012). Anisotropy of wave-grained wood of European ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(10), 129–134. [in Ukrainian].

Sopushynskyy, I. M. (2014). Intraspecific differentiation of sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.), European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Common ash (*Fraxinus excelsior* L.) by decorative wood. – [manuscript copyright]. *Abstract of Doctoral Dissertation for Agricultural Sciences* (06.03.03 – Forestry and forestry). Lviv. 402 p. [in Ukrainian].

Sopushynskyy, I., Kharyton, I., Teischinger, A., Mayevskyy, V., & Hrynyk, H. (2016). Wood density and annual growth variability of *Picea abies* (L.) Karst. growing in the Ukrainian Carpathians. *Eur. J. Wood Prod.*, 75(3), 419–428. <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1079-1>

Torelli, N., Trajkovic, J., & Sertic, V. (2006). Influence of phenolic compounds in heartwood of Silver fir (*Abies alba* Mill.) on the equilibrium moisture content. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64, 341–342. <https://doi.org/10.1007/s00107-005-0070-z>

Vintoniv, I. S., Sopushynskyy, I. M., & Teischinger A. (2007). *Wood Science*. Lviv: Apriori. 360 p. [in Ukrainian].

АНИЗОТРОПИЯ РАЗБУХАНИЯ ПРЯМОВОЛОКНИСТОЙ И ВОЛНИСТО-СВИЛЕВАТОЙ ДРЕВЕСИНЫ *ABIES ALBA* MILL.

Изучены особенности анизотропии разбухания прямоволокнистой и волнисто-свилеватой древесины пихты белой в пределах радиуса и высоты ствола. Исследованиями охвачен пихтовый древостой во влажном елово-буковом супихтате Буковинских Карпат. Образцы древесины отобраны из 12 модельных деревьев пихты белой с прямоволокнистой и волнисто-свилеватой структурой древесины. Установлено, что средние значения тангенциального и радиального разбухания прямоволокнистой древесины больше относительно аналогичных показателей волнисто-свилеватой. Средние значения разбухания прямоволокнистой древесины по объему составляет 14,2-14,3 %, а для волнисто-свилеватой древесины – 11,9-12,1 %. Величина поперечной анизотропии разбухания прямоволокнистой древесины на 20 % больше подобного показателя для волнисто-свилеватой древесины пихты белой. Плотность прямоволокнистой древесины при абсолютной влажности 8 % составляет $380 \text{ кг} \times \text{м}^{-3}$ на высоте ствола 1,3 м. Образцы волнисто-свилеватой древесины имеют выше на 21 % средние значения плотности древесины при абсолютной влажности 8 %. Плотность мокрой древесины изменяется от 900 до $1100 \text{ кг} \times \text{м}^{-3}$ при абсолютной влажности от 106 до 224 %. Установлены существенные различия показателей анизотропии разбухания и объемной массы прямоволокнистой и волнисто-свилеватой древесины пихты белой.

Ключевые слова: пихта белая; волнисто-свилеватая древесина; разбухание древесины; объемная масса; анизотропия древесины.

R. T. Maksymchuk

Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

SWELLING ANISOTROPY OF STRAIGHT-GRAINED AND WAVY-GRAINED WOOD OF *ABIES ALBA* MILL.

Nowadays ecological challenges in forestry in the context of climate change require the research on the nature of the occurrence of the wood anomalies in the process of growth and development of trees. Therefore, the study of the physical properties of the trunk wood anomalies is of biological and practical importance in the wood science and wood industries. The purpose of the research is to study the anisotropy of the swelling of straight-grained and wavy-grained wood within the radius and height of *Abies alba* Mill trunk. The research covered 105-year-old spruce-beech-fir forest stands in the forest biotopes of Bukovyna Carpathian with geographical location of latitude of $48^{\circ}06'02.34'' \text{ N}$, longitude of $25^{\circ}13'02.46'' \text{ E}$ and altitude of 985 m asl. Altogether 12 tree models trees harvested in the trial plot of 0.5 ha to study differences between straight-grained and wavy-grained wood swelling anisotropy and wood density. Wood samples of 0.6 m in length were cut from each model trees at the height of 1.3 m and 7.0 m. The value of the cross anisotropy of the swelling of the straight-grained wood of Silver fir is more variable for wood samples from the peripheral zone of the trunk at the breast height. The parameters of tangential swelling of straight-grained wood ranged from 7.8 to 9.8 % at the breast height and at 7.0 m – 7.5-9.9 %. The average values of the tangential swelling for wood samples taken on all sections of the trunk were 9.0 %. The values of tangential and radial swelling of the straight-grained wood were about 20 % higher than those of the wavy-grained wood. The average values of the swelling coefficients of the straight-grained wood were estimated in the tangential direction by 0.30 and in the radial – 0.14. There was no significant difference between the straight-grained wood densities within the trunk height. The density of straight-grained wood by moisture content of 8 % at the breast height was equal to $380 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$. The average values of the wavy-grained wood density were about 21 % higher than for the identical variables of straight-grained wood samples. The density of wet wood varied from 900 to $1100 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ by the moisture content from 106 to 224 %. The authors have defined significant differences between straight-grained and wavy-grained wood of Silver fir in the swelling anisotropy and wood density.

Keywords: silver fir; wavy-grained wood; wood swelling; wood density; wood anisotropy.