

БІОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ СТОВБУРНОЇ ДЕРЕВИНИ ЯЛИЦІ БІЛОЇ В УМОВАХ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Розглянуто лісівничі аспекти біологічної стійкості деревини в розрізі біолого-екологічних порушень лісової екосистеми, одним із основних компонентів якої є домінантні лісові види. Основну увагу приділено біологічному руйнуванню деревини в розрізі зменшення об'ємної маси деревини, що пов'язано з поверхневою пліснявою, деревозафарбувальними та дереворуйнівними грибами. Плісняві гриби (*Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*) та грибові збудники синяви деревини хвойних порід (*Ceratocystis comatum* Mill. & Cernz, *Ceratocystis coeruleum* (Munch.) H. et Syd.) уражають здебільшого клітини паренхіми, а трутовики (*Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Fomitopsis pinicola* (Swartz: Fr.) P. Karst.) спричиняють деструкцію стовбурної деревини через розкладання целюлози та лігніну. Дослідження націлено на вивчення часових особливостей біологічної деградації деревини в розрізі зменшення об'ємної маси стовбурної деревини ялиці білої в лісорослинних умовах Українських Карпат на абсолютних висотах від 350 до 950 м н.р.м. Встановлено суттєвий вплив плісняви та грибів на різні види щільності стовбурної деревини. Суттєве зменшення об'ємної маси властиве для стовбурної деревини з середнім та значним грибовим ураженням від 6 місяців та 2 років. Базисна щільність здорової деревини варіює від $362 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ до $457 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ із середнім значенням $392 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, а деревини зі значним ураженням – від $195 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ до $283 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ із середнім значенням $246 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. Середнє значення базисної щільності здорової деревини ялиці білої є на 28% більшим від аналогічного показника для деревини із середнім грибовим ураженням та на 37% зі значним грибовим ураженням деревини. Аналогічна тенденція відмінності об'ємної маси стовбурної деревини характерна для інших видів щільності деревини. За впливом уражень грибів на щільність стовбурної деревини ялиці білої виділено: здорову деревину – без зовнішніх ознак біологічного пошкодження грибами; деревину з наявністю поверхневої (плівчастої) плісняви до шести місяців; деревину із середнім ураженням деревозафарбувальними та дереворуйнівними грибами від півроку до 2 років; деревину зі значним ураженням дереворуйнівними грибами більше двох років.

Ключові слова: об'ємна маса деревини, біодеградація деревини, дереворуйнівні гриби, деревозабарвлювальні гриби, пліснява.

Вступ. Глобальні зміни клімату впливають на лісові екосистеми, що змінює фізіологічні процеси росту та розвитку деревних видів та швидкість біофізичних процесів у лісі [7]. У зв'язку з цим ушкодження лісової екосистеми доцільно пов'язувати зі зміною її видового складу, структури функції екосистеми та її основних елементів. Отже, здатність лісової екосистеми поглинати різні біолого-екологічні порушення і при цьому зберігати свою основну функцію та структуру, а також свою ідентичність доцільно вважати її біологічною стійкістю [9]. В той же час доцільно зазначити, що біологічна стійкість лісової екосистеми залежить від стійкості домінантних лісових видів або їх структурних компонентів [11].

Об'єкт дослідження – стовбурна деревина ялиці білої. **Предмет дослідження** – формування об'ємної маси ураженої грибами деревини. **Мета** – дослідити особливості біологічної деградації деревини в розрізі зменшення об'ємної маси стовбурної деревини ялиці білої в лісорослинних умовах Українських Карпат. Для досягнення зазначеної мети визначено такі **завдання дослідження**: ви-

¹ Кополовець Ярослав Михайлович, наук. співробітник, науково-дослідна частина. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057. Тел.: +38-097-440-98-20. E-mail: plh@ukr.net

вчити вплив деревозабарвлювальних та дереворуйнівних грибів на різні види щільності деревини ялиці білої; визначити часові характеристики біологічного руйнування деревини в розрізі зменшення її об'ємної маси.

Біотичне пошкодження стовбурної деревини проявляється через її руйнування у ростучому дереві, що доцільно пов'язувати із живими організмами – грибами, бактеріями, комахами та іншими шкідниками, для яких деревина є потенційним джерелом живлення [1, 4, 6, 7]. У вуглеводних полімерах, а саме у клітинній стінці мікроорганізми за допомогою своєї ферментної системи здатні гідролізувати ці полімери до засвоюваних хімічних компонентів целюлози та лігніну.

Науковою новизною отриманих результатів дослідження – вперше для в свіжій та вологій суяличині та яличині встановлено біологічну стійкість деревини ялиці білої щодо впливу грибкових уражень на її об'ємну масу. **Практична значущість результатів дослідження** – полягає у встановленні впливу грибкових уражень на об'ємну масу деревини як інтегральний показник її якості та виділенні дерев із різним ступенем ураження деревозабарвлювальними та дереворуйнівними грибами з метою заготівлі круглих лісоматеріалів цільового призначення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Грибкові пошкодження стовбурної деревини доцільно розділити на три групи за біологічними ураженнями деревини: гриби поверхневої плісняви (цвіль); гриби деревозафарбувальні та гриби дереворуйнівні. Плісняві гриби – *Ceratocystis coeruleum* (Munch.) H. et Syd. та *Ceratocystis comatum* Mill, et Cernz. – пошкоджують поверхневу частину заболонної деревини проникаючи приблизно на 1 мм [1, 6]. Сприятливими умовами розвитку цвілі є абсолютна вологість деревини від 60% до 100% та температура +20...30 °C [3, 4, 7]. Пліснява зазвичай представляє плівку білого відтінку на поверхні деревини. Пліснява зумовлює окислювальне бродіння і зазвичай руйнування паренхімних клітин заболонної деревини. Утворені проміжні продукти біохімічного процесу руйнування деревини є органічні кислоти – глюконова, фурмарова, винна тощо. Водночас плісняві гриби родів *Trichoderma*, *Verticillium*, *Penicillium*, *Trichotecium* та *Mucor* спричиняють зміну гами кольорових відтінків деревини на зелені, рожеві, сірі та оливкові, а *Aspergillus* та *Alternaria* зумовлюють появу чорних плям, як приклад: *Verticillium glaucum* Bon. спричиняє лимонно-жовтий колір деревини; *Aspegillus glaucus* Link. – світло-зелене забарвлення деревини; *Penicillium roseum* Link. та *Penicillium purpurogenum* Flor. et Stoll. змінює колір деревини в червоний колір [4, 7]. Гриби поверхневої плісняви мають багато спільного з деревозафарбувальними грибами, які є також первинними сапрофітними організмами. У хвойній деревині гіфи деревозафарбувальних грибів проникають глибоко, що спричинює зміну зовнішнього вигляду деревини та зменшення її класу якості [1, 3]. Найчастіше діагностичною ознакою ураження деревини деревозабарвлювальними грибами є синява, яка відрізняється глибоким забарвленням хвойної деревини в сіро-синій та сірий кольори. Синяву спричиняють приблизно 50 видів сумчастих і мітоспорових грибів, але найбільш розповсюдженими збудниками синяви хвойних круглих лісоматеріалів є види із класів [4]:

- сумчастих грибів – *Ceratocystis coeruleum* (Munch.) H. et Syd., *Ceratocystis comatum* Mill, et Cernz., *Ceratocystis piceae* (Munch.) H. et Syd., *Ceratocystis pini* (Munch.) H. et Syd.;
- мітоспорових грибів *Trichosporum tingens* Lag. et Mel., *Leptographium lundbergii* Lag. et Mell., *Cladosporium herbarum* Link., *Disculapinicola* (Naum.) Petrak.

Целюлозоруйнівні гриби спричиняють деструкцію деревини, яка є складним

хімічним процесом і до кінця не зрозуміло як живі мікроорганізми розпізнають вуглеводи та їх розщепляють в стовбурах ялиці білої (рис. 1).



Рис. 1. Біодеградація стовбурної деревини ялиці білої під впливом трутовика справжнього (*Fomes fomentarius*)

Дереворуйнівні гриби розділяють на два види, а саме, перші розкладають целюлозу, а другі – лігнін та целюлозу. Тривала біодеградація деревинної речовини відбувається в умовах високої абсолютної вологості. Біодеградація стовбурної деревини зумовлена дереворуйнівними грибами з відділу *Basidiomycota* [4].

Матеріал і методи дослідження. Дослідженнями біологічної стійкості стовбурної деревини ялиці білої охоплено деревостани Турицького, Тур'я-Реметівського та Порошківського лісництв ДП «Перечинське лісове господарство», у яких відібрано 18 модельних дерев із різним ступенем біологічного ураження деревофарбувальними та дереворуйнівними грибами. Пробні ділянки ялицево-букових деревостанів закладено на абсолютних висотах від 350 до 950 м над рівнем моря (табл. 1).

Табл. 1. Лісівничо-таксаційні показники ялицево-букових деревостанів

ПП Кв./вид.	Індекс типу лісу	Склад деревостану Висота н. р. м.	Вік, роки Запас, м ³ · га ⁻¹	Висота, м Діаметр, см	Клас бонітет Відносна повнота
Турицьке лісництво					
1 5/13	D ₃ –бкЯц	5Яц65Бкл 850	170 350	33 52	I 0,45
2 9/1	D ₃ –бкЯц	5Яц65Бкл 750	190 530	35 52	I 0,60
3 8/3	C ₃ –бкЯц	6Яц64Бкл 700	190 490	36 52	I 0,50
4 9/5	D ₃ –бкЯц	6Яц64Бкл + Яв 950	190 600	34 52	I 0,60
Порошківське лісництво					
5 22/11	D ₃ –Г–бкЯц	9Яц61Бкл + Грз 420	95 630	35 48	I 0,60
6 22/12	D ₃ –Г–бкЯц	6Яц64Бкл + Грз 350	92 450	33 36	I 0,55
Тур'я Реметівське лісництво					
7 9/37	C ₃ –Г–бкЯц	6Яц64Бкл 450	85 630	33 40	IA 0,70
8 9/28	C ₃ –Г–бкЯц	8Яц62Бкл + Грз 420	89 460	34 42	IA 0,60
9 9/26	C ₃ –Г–бкЯц	10Яц6 + Бкл 400	115 520	34 44	IA 0,55

Типи лісу визначено за лісотипологічною методикою, запропонованою проф. З. Ю. Герушинським [2]. Таксацію дерев та насадження проведено з використанням таксаційного довідника [12], а для визначення якісних ознак стовбурної деревини ялиці білої використано збірник технічних умов на класифікацію лісоматеріалів [13]. Загальна кількість досліджених взірців деревини становила 796 шт., які представля-

ли чотири групи за станом: здорові (без ознак грибкового ураження); початкове ураження деревини деревозабарвлювальними грибами (*Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Ceratocystis comatum* Mill. & Cernz, *Ceratocystis coeruleum* (Munch.) H. et Syd.) до 6 місяців; із середнім ступенем ураження від 0,5 до 2 років та зі значним ураженням стовбурної деревини дереворуйнівними грибами (*Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Fomitopsis pinicola* (Swartz: Fr.) P. Karst.) більше 2 років. Візуальною кваліметричною ознакою біологічного ураження деревини грибами стало також зміна кольорових відтінків деревини (рис. 2).

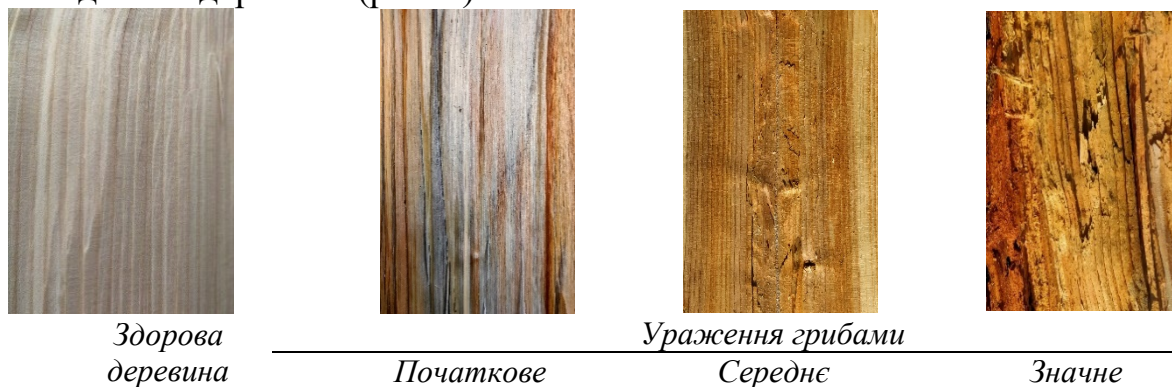


Рис. 2. Відмінності зовнішнього вигляду здорової та ураженої деревини

Початком ураження стовбурної деревини ялиці білої нами визначено як зупинка камбіальної діяльності та усихання крони стовбура дерева і відповідно діагностування грибкових уражень, а саме наявності: грибів поверхневої плісняви; деревозафарбувальних та дереворуйнівних грибів (рис. 1). Взірці деревини відібрано відповідно до загальноприйнятої методики визначення фізичних властивостей деревини (рис. 3) [1, 15].

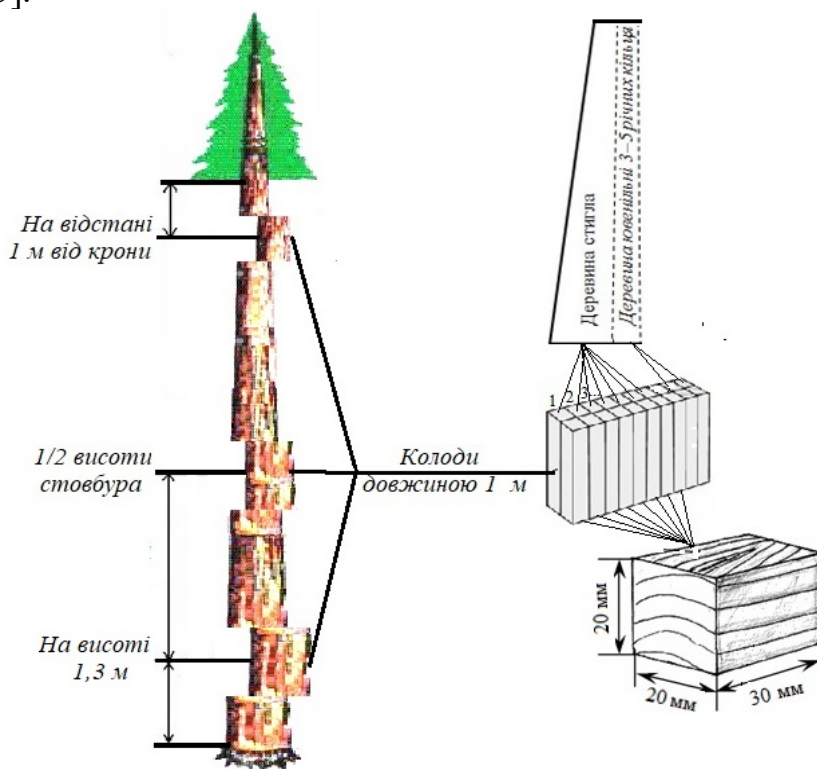


Рис. 3. Схема випилювання взірців деревини з модельного дерева

Різні види щільності деревини визначено відповідно до стандартних методів [1, 15]. Визначення біологічної (природної) стійкості деревини як здатності деревини чинити опір біологічним чинникам має практичне значення в контексті руйнування клітинної стінки деревини, що зумовлює зменшення якості деревини та її

енергетичної цінності [1, 6, 13].

Результати дослідження. Вивчення фізичної якості деревини [16-22] та її природної стійкості під впливом біологічних та екологічних чинників завжди привертало увагу багатьох дослідників [1, 6, 7]. У цьому контексті слід зазначити про значні досягнення щодо вивчення впливу екологічних факторів на анатомічні та фізико-механічні властивості більшості промислових деревних видів України [10]. Водночас питання біологічної стійкості стовбурної деревини проти шкідників досліджено недостатньо. Результати дослідження об'ємної маси стовбурної деревини ялиці білої уражених деревозабарвлювальними (*Ceratocystis comatum* Mill. & Cernz, *Ceratocystis coeruleum* (Munch.) H. et Syd.) та дереворуйнівними (*Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Fomitopsis pinicola* (Swartz: Fr.) P. Karst.) грибами подано в табл. 2.

Табл. 1. Об'ємна маса здорової та із грибковим ураженням деревини, кг·м⁻³

Показники	Мінімальне значення	Середнє арифметичне значення	Максимальне значення	Коефіцієнт варіації, %	Показник точності, %
Здорова деревина					
ρ_b	362	392	457	5,7	0,8
ρ_0	412	449	517	5,2	0,7
$\rho_{10\%}$	429	470	543	6,0	0,9
$\rho_{\text{свіж.дер.}}$	845	949	1099	5,9	0,8
$W_{\text{абс.}}, \%$	121,0	134,7	148,3	6,3	0,9
Початкове ураження деревини грибами: <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Penicillium sp.</i> , <i>Ceratocystis comatum</i> Mill. & Cernz та <i>Ceratocystis coeruleum</i> (Munch.) H. et Syd.					
ρ_b	331	361	419	6,3	0,9
ρ_0	382	403	449	6,2	0,9
$\rho_{10\%}$	403	440	471	4,5	0,6
$\rho_{\text{свіж.дер.}}$	787	847	908	4,5	0,6
$W_{\text{абс.}}, \%$	100,2	120,4	135,8	8,8	1,2
Середнє ураження деревини грибами: <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr. та <i>Fomitopsis pinicola</i> (Swartz: Fr.) P. Karst.					
ρ_b	249	283	309	5,7	0,8
ρ_0	281	321	368	5,2	0,7
$\rho_{10\%}$	300	343	389	7,7	1,1
$\rho_{\text{свіж.дер.}}$	503	610	678	6,1	0,9
$W_{\text{абс.}}, \%$	92,5	109,6	118,8	5,5	0,8
Значне ураження деревини грибами: <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr. та <i>Fomitopsis pinicola</i> (Swartz: Fr.) P. Karst.					
ρ_b	195	246	283	7,0	1,0
ρ_0	232	279	335	6,3	0,9
$\rho_{10\%}$	268	318	347	6,0	0,9
$\rho_{\text{свіж.дер.}}$	513	560	619	4,5	0,6
$W_{\text{абс.}}, \%$	90,4	96,1	103,0	3,2	0,4

Примітка: ρ_b – базисна щільність деревини; ρ_0 – щільність деревини в абсолютно-сухому стані; $\rho_{10\%}$ – щільність деревини при абсолютній вологості 10%; $\rho_{\text{свіж.дер.}}$ – щільність свіжозрубаної деревини; $W_{\text{абс.}}$ – абсолютна вологість свіжозрубаної деревини [1].

Результати дослідження впливу поверхневої плісняви, деревозафарбувальних та дереворуйнівних грибів на об'ємну масу стовбурної деревини ялиці білої свідчать про суттєві відмінності базисної щільності деревини та при абсолютній вологості 10%, а також аналогічного показника в абсолютно сухому та свіжозрубаному станах. Середні значення щільності стовбурної деревини без

ознак грибкового пошкодження відповідають даним ряду дослідників, а широкий діапазон варіації об'ємної маси доцільно пов'язувати з відмінностями макроструктурних показників [1, 10]. Базисна щільність здорової деревини змінюється від $362 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ до $457 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ із середнім значенням $392 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$, а той же показник для деревини з початковим грибковим ураженням тобто до 6 місяців знаходиться в межах від $331 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ до $419 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ із середнім значенням $361 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$. Суттєве зменшення даного показника властиве для стовбурної деревини з середнім та значним грибковим ураженням тобто більше 6 місяців та 2 років. Базисна щільність стовбурної деревини із середнім грибковим ураженням варіює від $249 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ до $283 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ із середнім значенням $309 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$, а для деревини зі значним ураженням – від $195 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ до $283 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ із середнім значенням $246 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$.

Важливим є той факт, що аналогічна тенденція зменшення об'ємної маси стовбурної деревини в результаті її біодеградації характерна також для інших видів щільності деревини як інтегрального показника її фізико-механічної якості. Щільність деревини без біологічних пошкоджень в абсолютно сухому стані змінюється від $412 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ до $517 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ із середнім значенням $449 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$, а в ураженої деревини протягом півроку подібний показник не відрізняється суттєвими відмінностями. Водночас об'ємна маса деревини з середнім та значним грибковим ураженням суттєво зменшується. Щільність деревини в абсолютно сухому стані з середнім грибковим ураженням змінюється від $249 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ до $309 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ із середнім значенням $283 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$, а зі значним ураженням – від $232 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ до $335 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ із середнім значенням $279 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$.

Суттєва різниця різних видів щільності стовбурної деревини ялиці білої доцільно пов'язувати з біологічним руйнуванням клітинної стінки тобто розкладанням її основних хімічних компонентів целюлози та лігніну дереворуйнівними грибами з відділу *Basidiomycota* (*Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Fomitopsis pinicola* (Swartz: Fr.) P. Karst.). Аналіз одержаних результатів дослідження об'ємної маси дозволяє виділити чотири класи дерев за природною (біологічною) стійкістю стовбурної деревини [14] та їх часові строки, а саме: без ознак біологічного пошкодження і з грибковими ураженнями деревини – до шести місяців (0,5 р.), від півроку до двох років (0,5–2 р.) та більше двох років (>2р.) (Рис. 3).

Тривала дія трутовиків (*Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Fomitopsis pinicola* (Swartz: Fr.) P. Karst.) впродовж більше 2 років призводять до розкладу стовбурної деревини і зумовлює зменшення її об'ємної маси в два рази. Водночас доцільно зазначити про незначну зміну щільності деревини протягом перших шести місяців від початку відмирання (усихання) дерев ялиці білої. Середні значення базисної щільності деревини у дерев із грибковим пошкодженням зменшилися на 8% у порівнянні до здорової деревини. Відмінності максимальних значень щільності початково ураженої деревини в абсолютно сухому стані та при $W_{\text{абс.}}=10\%$ у порівнянні до аналогічних показників здорової деревини досягали 13%. Такі незначні відхилення показників щільності стовбурної деревини свідчать, що основні якісні характеристики деревини не змінюються, але відбувається поширення грибкового ураження деревини, яке проявляється через зміну кольорових відтінків деревини [1, 4, 7, 13]. В той же час показники щільності деревини з середнім та значним ураженням грибком суттєво відрізняються не тільки за зовнішнім виглядом, але й за якісними ознаками стовбурної деревини відповідно наявністю м'якої та твердої

гнилизни деревини [13]. Середні значення базисної щільності деревини зі значним грибковим ураженням є на 37...46% меншими від аналогічного показника для здорової деревини, а у дерев із середнім грибковим ураженням деревини цей відсоток змінюється від 28 до 32%. Аналогічна тенденція властива для інших видів об'ємної маси стовбурної деревини і стверджує про біологічну деградацію клітинної стінки ялиці білої, початком якої доцільно вважати більше шести місяців від відмирання дерев. У цьому контексті отримані результати дослідження об'ємної маси здорової та ураженої грибами деревини є кваліметричною ознакою для неруйнівного методу діагностування характеристик деревини через визначення швидкості проходження звукових хвиль в ній [1]. Відмінності щільності свіжозрубаної деревини у групі дерев із середнім та значним грибковим ураженням у порівнянні до аналогічного показника здорової деревини досягають 36...44%. Така різниця щільності свіжозрубаної деревини ялиці білої є важливою діагностичною ознакою для дерев із значним грибковим ураженням, які є небезпечними не тільки в урбанізованих населених пунктах, але й в лісових насадженнях.

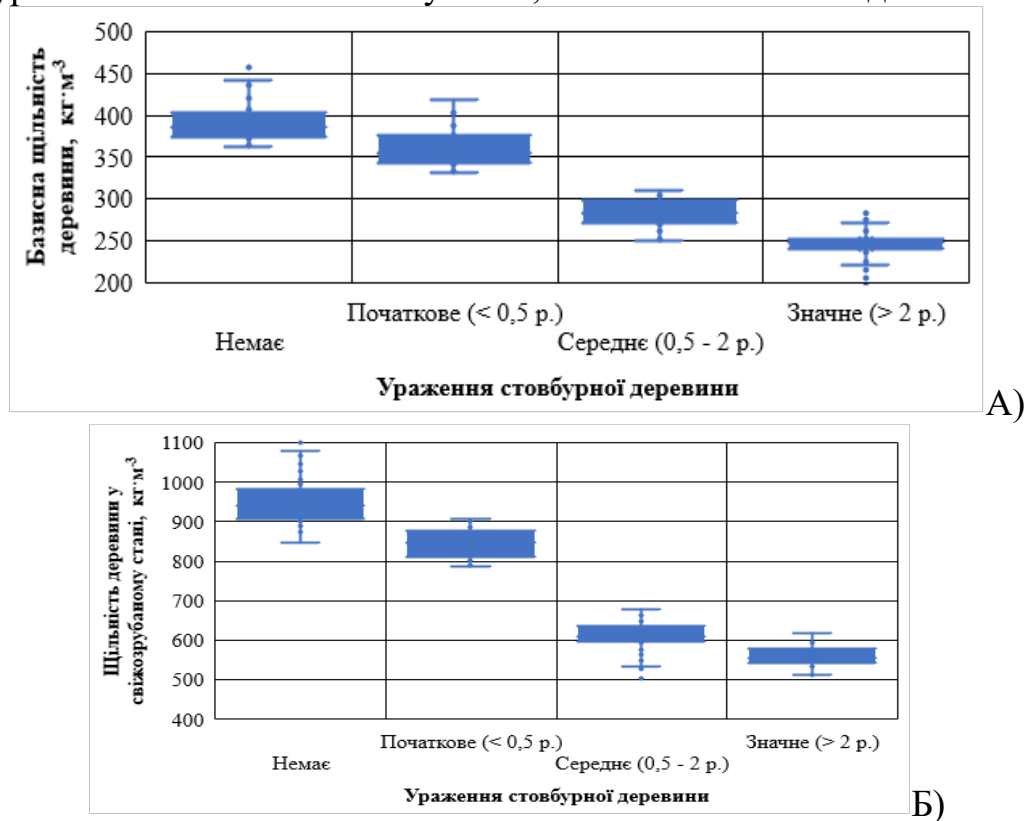


Рис. 3. Вплив грибкових пошкоджень деревини на її базисну щільність (А) та у свіжозрубаному стані (Б)

Обговорення результатів дослідження. Ряд авторів відзначає, що деревинознавчі аспекти впливу біологічних пошкоджень на розмірно-якісні ознаки круглих лісоматеріалів та властивості деревини залишаються малодослідженими. Водночас питання біологічної стійкості деревини розглядають здебільшого в розрізі впливу різноманітних фізичних та хімічних чинників [1]. Багато уваги приділяється вивченню біотичної стійкості хвойних лісових порід в умовах Українських Карпат [3]. Ряд іноземних науковців більше приділяються увагу вивченню питання стійкості деревини проти біологічних шкідників в контексті їх хімічного модифікування, основною метою яких є збільшення терміну використання виробів із деревини [5, 7]. Водночас отримані результати дослідження впливу грибкових ура-

жень на інтегральний показник якості деревини - її щільність свідчать про суттєві відмінності об'ємної маси на стадіях середнього та значного ураження дереворуйнівними грибами. При цьому фактор часу має вирішальне значення у руйнування основних компонентів деревини. Отже, зміна щільності деревини ялиці білої в результаті впливу біотичних чинників розкриває кваліметричні підходи щодо раціонального використання ураженої грибами стовбурної деревини та деревинознавчі аспекти біодеградації деревини, а також біологічну стійкість в часі.

Висновки. Результати дослідження стовбурної деревини ураженої деревозабарвлювальними та дереворуйнівними грибами свідчать про суттєве зменшення її об'ємної маси в умовах Українських Карпат. За впливом грибкових уражень на об'ємну масу деревини ялиці білої виділено: 1) здорову деревину – без зовнішніх ознак біологічного пошкодження грибами; 2) деревину з наявністю поверхневої (плівчастої) плісняви до шести місяців; 3) деревину із середнім ураженням деревозабарвлювальними та дереворуйнівними грибами від півроку до двох років; та 4) деревину зі значним ураженням дереворуйнівними грибами більше двох років. Базисна щільність здорової деревини варіює від $362 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ до $457 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ із середнім значенням $392 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, а деревини зі значним ураженням – від $195 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ до $283 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ із середнім значенням $246 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. Середнє значення базисної щільності здорової деревини ялиці білої є на 28% більшим від аналогічного показника для деревини із середнім грибковим ураженням і на 37% зі значним грибковим ураженням деревини. Аналогічна тенденція відмінності об'ємної маси стовбурної деревини характерна для інших видів щільності стовбурної деревини.

Література

1. Vintoniv, I. S., Sopushynskyy, I. M., & Teischinger, A. (2007). *Derevynoznavstvo: nawch. posib.* Lviv : Apriori (in Ukrainian).
2. Herushynskyy, Z.Yu. (1996). *Typolohiya lisiv Ukrainських Karpat: nawch. posib.* Lviv : Piramida (in Ukrainian).
3. Pouska V., Lepš J., Svoboda M., Lepšová A. (2011). How do log characteristics influence the occurrence of wood fungi in a mountain spruce forest? *Fungal Ecology* 4 (3): 201-209. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2010.11.004>
4. Tsyrunyk, A.V., & Shevchenko, S. W. (2008). *Lisova phitopatologia.* K.: KWSHCH (in Ukrainian).
5. Bari, E.; Daniel, G.; Yilgor, N.; Kim, J.S.; Tajick-Ghanbary, M.A.; Singh, A.P.; Ribera, J. (2020). Comparison of the Decay Behavior of Two White-Rot Fungi in Relation to Wood Type and Exposure Conditions. *Microorganisms*, 8, 1931. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121931>
6. IBACH R. E. (2013). *Biological Properties of Wood.* - [2nd Ed. of Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites edited by Roger M. Rowell]. NW: CRC Press.
7. Kües, U., Mai, C., & Miltz, H. (2007). Biological Wood Protection against Decay, Microbial Staining, Fungal Moulding and Insect Pests. *Wood Production, Wood Technology, and Biotechnological Impacts*, 273-294.
8. Olesen, J.E., Carter, T.R., Díaz-Ambrona, C.H., Fronzek, S., Heidmann, T., Hickler, T., Holt, T., Miguez, M. I., Morales, P., Palutikof, J. P., Quemada, M., Ruiz-Ramos, M., Rubæk, G. H., Sau, F., Smith, B., & Sykes M. T. (2007). Uncertainties in projected impacts of climate change on European agriculture and terrestrial ecosystems based on scenarios from regional climate models. *Climatic Change* 81, 123–143. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9216-1>
9. Bässler C., Müller J., Svoboda M., Lepšová A., Hahn C., Holzer H., Pouska V. (2012). Diversity of wood-decaying fungi under different disturbance regimes – a case study from spruce mountain forests. *Biodiversity and Conservation* 21 (1): 33-49. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0159-0>
10. Pouska V., Svoboda M., Lepšová A. (2010). The diversity of wood-decaying fungi in relation to changing site conditions in an old-growth mountain spruce forest, Central Europe. *European Journal of Forest Research* 129 (2): 219-231. <https://doi.org/10.1007/s10342-009-0324-0>
11. Walker, B. (1995). Conserving Biological Diversity through Ecosystem Resilience. *Conservation Biology*, V. 9, No.4, 747–52. <http://www.jstor.org/stable/2386983>.
12. Lisotaksatsijnyj dovidnyk. (2013). K.: Vydavnychyj dim “Vinichenko” (in Ukrainian).
13. Sbirnyk tekhnichnykh umov na klasyfikaciyu lisomaterialiv. (2019). K.: DP „Lisohospodarskyi innovacijnyj centr” (in Ukrainian).
14. EN 350. (2016). *Durability of Wood and Wood-Based Products. Testing and Classification of the Durability to Biological Agents of Wood and Wood-Based Materials.* CEN, Brussels, Belgium.

15. **Normen für Holz:** DIN-Taschenbuch 31. – [8^{te} Aufl.]. – Berlin: Beuth, 2009. – 604 S.

16. **Gayda S.V., Lesiv L.E.** (2019). Визначення та порівняння властивостей вживаної деревини основних хвойних порід / *Vyznachennya ta porivnyannya vlastyvostey vzhivanoyi derevyyny osnovnykh khvoynykh porid* [A determination and comparison of properties of post-consumer wood of the basic conifers]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 45:39-46 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42194506>

17. **Gayda S.V.** (2017). Комплексні дослідження зміни пружних властивостей вживаної деревини ялиці з віком / *Kompleksni doslidzhennya zminy pruzhnykh vlastyvostey vzhivanoyi derevyyny yalytsi z vikom* [The complex studies on the change of elastic properties of post-consumer fir wood with age]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 43:58-72 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174308>

18. **Gayda S.V.** (2019). Scientific and technical basis of the use of used wood in woodworking: thesis of the Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23. – Lviv: UNFU. – 465 (in Ukrainian).

19. **Gayda S.V.** (2015). Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood. Actual problems of forest complex 43:175-179, (in Russian).

20. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2020). Determining the regime parameters for the surface cleaning of post-consumer wood by a needle milling tool. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (1(107)), 89-97. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484>.

21. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2020). The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. Poznan : Drewno, 63(206), 77-102. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10>.

22. **Gayda S.V.** (2000). Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Materials for the Production of wood Productss. Lviv: BMC. – 160 p. (in Ukrainian).

UDC 630*416.5:630*443.3:630*811:630*812

Ya.M. Kopolovets – UNFU

Biological resistance of Silver fir stemwood in the Ukrainian Carpathian

Global climate change significantly affects the physiological processes of growth and development of forest ecosystems. At the same time, the ability of a forest ecosystem to maintain its basic function and structure is called its biological resilience, which depends on the resistance of its dominant forest tree species. The research has covered the study of the biological wood resistance in terms of reducing the wood density of Silver fir growing in the Ukrainian Carpathians. Moreover, the main emphasis was paid on the influence of surface mold, wood-staining and wood-destroying fungi on different types of wood density. There were selected nine fir stands placed in the State Enterprise Perechyn Forestry, in which were cut 18 model trees with varying degrees of fungal damages. All qualitative characteristics of Silver fir wood were diagnosed by the European norms of wood quality for round timber. Altogether, 796 wood samples were tested. The onset of wood lesions was defined as the cessation of cambial activity and drying of the crown of the tree as well as diagnosed fungal lesions. Wood samples were selected in accordance with generally accepted wood science methods in term of determining the wood density. As a result, there were indicated significant differences in wood density with different timeframe of fungal damage to wood. The basic density of healthy wood varied from 362 kg·m⁻³ to 457 kg·m⁻³ with an average value of 392 kg·m⁻³, and the same figure for wood with significant damage changed from 195 kg·m⁻³ to 283 kg·m⁻³ with an average value of 246 kg·m⁻³. The study showed that a significant difference in the stemwood density of Silver fir should be associated with the biological destruction of the cell wall, in particular, the decay of its main chemical components such as cellulose and lignin, fungi Basidiomycota. As a result of the study of wood density, there were identified four classes of trees by the biological wood resistance taking into account the time damaged: 1. Healthy wood - without signs of biological damage by pests; 2. Wood with initial damage to wood by surface mold within six months; 3. Wood with medium damage by wood-painting and wood-destroying fungi from six months to two years; and 4. Wood with significant damage to wood-destroying fungi for more than two years. According to the impact of fungal lesions on the wood density of Silver fir was estimated: healthy wood - without signs of biological damage by pests; wood with the presence of surface mold for up to six months; wood with average damage by wood-dyeing and wood-destroying fungi from six months to two years; wood with significant damage to wood-destroying fungi for more than two years.

Key words: wood density; wood biodegradation, wood-destroying fungi, wood-staining fungi, mold.
