

**І. М. Сопушинський<sup>1</sup>, Я. М. Кополовець<sup>1</sup>, М. М. Касадо-Санч<sup>2</sup>, Р. А. Торес<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна,

<sup>2</sup>Університет м. Вальядолід, Паленсія, Іспанія

## **ВИСОТНО-ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗНИЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ДЕРЕВ ЯЛИЦІ БІЛОЇ ДО ХВОРОБ І ШКІДНИКІВ**

В статті проаналізовано причин відмирання ялиці білої віком від 30 до 60 років. Ураження дерев здебільшого відбувається через вплив сильного сонячного проміння на кору молодих дерев, що зумовлює зниження її життєвості та появу некрозу ялицевої живої кори. У ялицевих насадженнях розвиток грибкового захворювання зумовлений високою відносною вологістю повітря у весняний період, що сприяє поширенню спор *Melampsorella cerastii* Wint. через проміжного живителя – зніта вузьколистого (*Epilobium angustifolium*), на листках якого розвиваються уредо- та телеїтостадії і утворюються базидіоспори. Досліджено, що зніт вузьколистий як невід'ємна проміжна ланка у завершальному життєвому циклі та поширенні іржастого гриба, росте на лісових зрубках, просіках, галявинах та поблизу доріг, а його рясність підвищується зі збільшенням абсолютної висоти від 365 м до 1042 м н.р.м. Грибний міцелій проникає у стовбури через незначні механічні пошкодження кори та гілля. Ослаблені дерева легко уражаються шкідниками кори та деревини. Біологічним пошкодженням охоплюються дерева віком від 30 до 120 років, на стовбурах яких навесні та наприкінці літа утворюється яскраво-білий восковий вовняний наліт іржастого гриба, що є їх важливою діагностичною ознакою. Ослаблені дією *Melampsorella cerastii* Wint. дерева ялиці білої піддаються нападу шкідників, зокрема – личинками *Trypodendron lineatum*, які зумовлюють утворення червоточин – ходів та отворів у деревині, що значно погіршує якість круглих лісоматеріалів. Між густиною червоточин, діаметром їх отворів та середнім діаметром круглих лісоматеріалів, встановлено прямолінійну залежність. Густина та діаметр червоточини зменшується від відземкової частини до вершини стовбура, а її збільшення доцільно пов'язувати зі зменшенням природної стійкості деревини ялиці білої. З метою недопущення втрати сортності лісоматеріалів рекомендуємо фахівцям лісової галузі своєчасно виявляти дерева ялиці білої, які є біологічно ураженими грибом *Melampsorella cerastii* Wint, та проводити їх заготівлю до моменту їх пошкодження личинками комах.

**Ключові слова:** ялиця біла, *Melampsorella cerastii* Wint., зніт вузьколистий, *Trypodendron lineatum*, червоточина, круглий лісоматеріал.

**Вступ.** Однією із найпоширеніших причин відмирання ялиці білої доцільно назвати іржу хвої та некроз кори. Останній уражає дерева віком від 30 до 60 років через вплив сильного сонячного проміння на кору молодих дерев, що

<sup>1</sup>Сопушинський Іван Миколайович, д-р с.- г. наук, професор, професор кафедри ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу. E-mail: [sopushynskyy@nltu.edu.ua](mailto:sopushynskyy@nltu.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-7392-9385>;

<sup>1</sup>Кополовець Ярослав Михайлович, аспірант. E-mail: [ja.kopolovec@nltu.edu.ua](mailto:ja.kopolovec@nltu.edu.ua); <https://orcid.org/0000-0002-4581-7466>;

<sup>2</sup>Марія Мілагрос Касадо-Санч, професор. E-mail: [mmcasado@uva.es](mailto:mmcasado@uva.es); <https://orcid.org/0000-0002-1860-5230>;

<sup>2</sup>Рауль Арахо Торес, доцент

зумовлює зниження її життєвості. Некроз ялицевої живої кори (флоеми) є складним захворюванням, яке обумовлене кліматичними чинниками та ураженнями комах (зазвичай бальзаміном шерстисто-адельгідним (*Adelges piceae*), що зумовлює зараження деревної рослини грибом *Neonectria neomacrospora* (неонектрії) [7; 9]. *Adelges piceae* поширений на ялиці білій і має незавершений життєвий цикл, оскільки розмножується лише безстатевим шляхом [8]. Водночас, грибок неонектрії проникає через механічні пошкодження кори стовбура і спричиняє відмирання камбіальних клітин і як наслідок зумовлює усихання деревної рослини.

*Об'єкт дослідження* – стовбурна деревина ялиці білої.

*Предмет дослідження* – ураження стовбурної деревини личинками комахи *Trypodendron lineatum*.

*Мета роботи* – дослідити висотно-екологічні особливості ураження стовбурної деревини ялиці білої личинками комахи *Trypodendron lineatum* в лісорослинних умовах Українських Карпат.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні *завдання дослідження*:

- вивчити поширення зніту вузьколистого (*Epilobium angustifolium*) у різних висотно-екологічних умовах Українських Карпат;
- визначити відмінності ураження личинками комахи *Trypodendron lineatum* за висотою стовбура ялиці білої.

Іржа хвої викликається грибом *Melampsorella cerastii* Wint., що проявляється на хвої у вигляді помаранчевих ецидій, ракових виразок чи здуття на стовбурі, а також утворення смоли. У ялицевих насадженнях розвиток грибкового захворювання обумовлений високою відносною вологістю повітря у весняний період, що сприяє поширенню спор *Melampsorella cerastii* Wint. через проміжного живителя зніта вузьколистого (*Epilobium angustifolium*), на листках якого розвиваються уредо- та телейтостадії і утворюються базидоспори, які поширюються вітром та уражають ялицю білу через механічні пошкодження кори дерева. Проростання базидіоспор дає грибницю, яка уражає клітини камбію та викликає їх подразнення і як наслідок розтріскування кори та оголення стовбурної деревини.

*Науковою новизною отриманих результатів дослідження* – вперше досліджено висотно-екологічні особливості ураження личинками комахи в лісорослинних умовах Українських Карпат.

*Практична значущість результатів дослідження* – полягає у встановленні впливу поширення зніту вузьколистого у різних висотно-екологічних умовах та визначенні відмінностей ураження личинками комахи *Trypodendron lineatum* стовбурної деревини ялиці білої.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Комахи-шкідники регулярно уражають деревні рослини і відіграють важливу роль у динаміці лісових

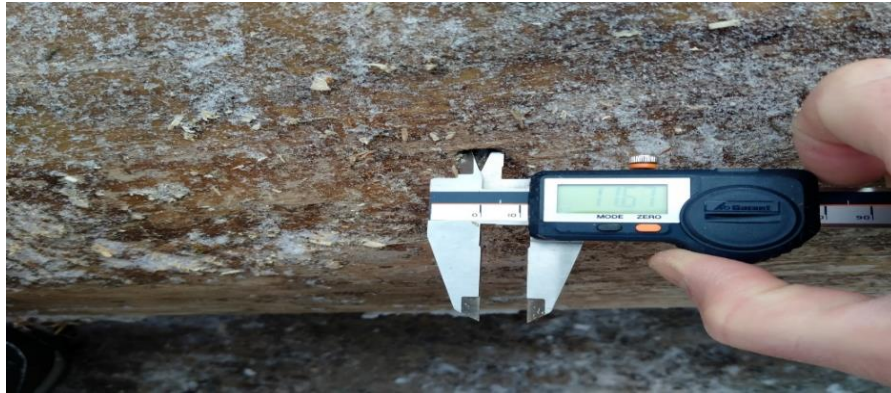
екосистем. Водночас масове збільшення популяції комах до руйнівних розмірів сприяє спалаху хвороб, що має катастрофічний вплив на життєво важливі функції лісової екосистеми та призводить до значних економічних втрат [1; 10]. У таких екологічних умовах важливе значення відграє фахова обізнаність про проблеми зі здоров'ям дерев, зокрема знання біотичних чи абіотичних чинників, а також прогнозування наслідків забруднення довкілля. Іноді знання невагомої проблема є достатніми, щоб уникнути значних фінансових затрат для локалізації негативних впливів на лісові екосистеми. Важливою складовою є діагностування комах-шкідників на ранній стадії та масштаб ураження у лісових насадженнях. З огляду на це лісівничого значення набувають візуальні навички первинної оцінки санітарного стану дерев [4].

Результати дослідження Manion P. D. [11] свідчать, що масове відмирання лісових деревних порід доцільно розглядати як ураження трьома взаємопов'язаними факторами. Насамперед це генетичні особливості деревного виду та умови місцезростання, на формування яких надто впливає антропогенний чинник. Водночас до основних належать різновиди патогенів та шкідливих організмів. До біотичних чинників, які зумовлюють відмирання деревної рослини, дослідник зарахував гриби-збудники, хвороби, комахи, бактерії, нематоди, вищі рослини паразити та напівпаразити тощо. Підсумовуючи вищенаведене важливо зазначити, що проявлення хвороби можливе тільки внаслідок взаємодії всіх перерахованих вище чинників.

Щодо цього варто відмітити, що у природних хвойних насадженнях періодично діють стресові впливи абіотичного та біотичного характеру, а також відбуваються природні катастрофи на великих площах, як приклад можна навести вітровали, буревії, пожежі тощо). Такі зміни в лісових екосистемах зумовлюють відмирання не тільки окремих дерев, але й біогруп і навіть деревостанів на значних площах [7; 9]. Перебіг біологічного ураження стовбурної деревини і ступінь ураження комахами та розвиток хвороби здебільшого залежить і від екологічних умов та тривалості захворювання, яке відображає часовий вплив від початку інфікування та перших фізіологічних змін у хворій деревній рослині і аж до проявів діагностичних ознак захворювання.

**Матеріал і методи дослідження.** Висотно-екологічні особливості ураження личинками комах *Trypodendron lineatum* стовбурної деревини ялиці білої ялиці білої досліджено у Тур'я-Реметівському лісництві ДП «Перечинське лісове господарство» на абсолютних висотах від 365 до 1042 м н.р.м. фітоценотична характеристика. Важливою ценотичною ознакою асоціації буково-ялинових лісів (*Fageto-Abietum mercurialidosum*) є рясність, за якою можна визначити ступінь участі особин виду в ценозі, а отже прогнозувати його розвиток. Для окомірного визначення рясності зніту вузьколистого використано шкали Г. М. Висоцького та Н. Ф. Комарова, які враховують кількість особин на площі виявлення [2–5].

Пошкодження деревини комахами та їх личинками має вигляд дірок (рис. 1). Їх класифікують на поверхневі до 3 мм, неглибокі до 15 мм і глибокі більше 15 мм в круглих лісоматеріалах. Ці ураження порушують структуру та щільність деревини і сприяють поширенню спор грибів.



**Рис. 1. Ураження деревини комахами *Trypodendron leneatum***





Оброблення результатів дослідження виконано з використання програмного забезпечення SPSS 17.0.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Результати вивчення особливостей поширення зніту вузьколистого у районі дослідження подано у табл. 1.

В лісорослинних умовах району дослідження встановлено, що зніт вузьколистий (іван-чай) найчастіше поширений на лісових зрубках, просіках, галявинах та поблизу доріг. Його цвітіння в межах абсолютної висоти від 365 м до 1042 м н.р.м. триває з червня по серпень. Вид є обов'язковою ланкою у завершальному життєвому циклі та поширенні іржастого гриба [9]. Результати дослідження особливостей висотно-екологічного поширення зніту вузьколистого свідчать, що зі збільшенням абсолютної висоти зростає рясність виду. Водночас найбільше поширення зніту вузьколистого на абсолютній висоті 1042 м н.р.м. доцільно пов'язувати зі збільшенням площі галявин.

На абсолютній висоті 365 м н.р.м. вид здебільшого трапляється поблизу доріг та на лісових зрубках, що обумовлено його світлолюбивістю (рис. 2).

Висотно-екологічні особливості поширення *Epilobium angustifolium*

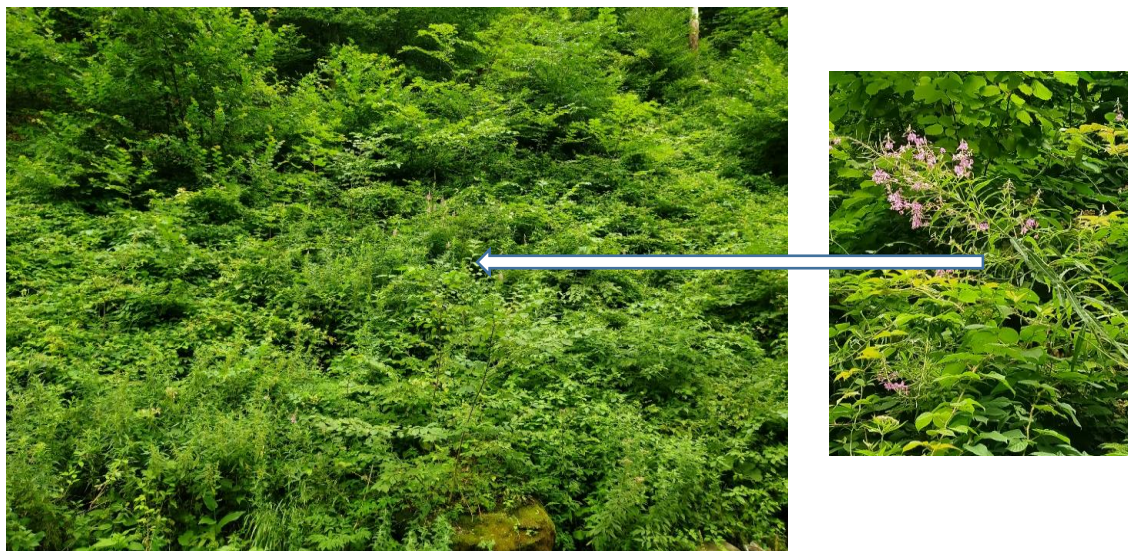
Горизонтальні координати	Абсолютна висота, м <i>н.р.м.</i>	Шкали рясності виду за		Фотографії досліджуваних ділянок
		Г.М. Висоцького	Н. Ф. Комаровим	
48°45'44" пн.ш. 22°42'50" сх.д.	365	п – поодинокі особини, одна-дві особини на ділянці	10 – 100 шт. на 1 га	
48°45'56" пн.ш. 22°44'21" сх.д.	518	1 – слабе поширення, вкриває менше 5% площі	10 – 100 шт. на 1 га	
48°46'31" пн.ш. 22°46'5" сх.д.	785	2 – помірне поширення виду, вкриває 5 – 20% площі	не більше 10 шт. на 100 м <sup>2</sup>	
48°45'29" пн.ш. 22°41'22" сх.д.	1042	3 – рясне поширення виду, вкриває 20 – 50% площі	20 – 40 шт. на 100 м <sup>2</sup>	

Висотно-екологічна особливість сприяє поширенню зніту вузьколистому його базидіоспорами вниз по схилу і як наслідок – біологічному ураженню ялиці білої.

Грибний міцелій проникає у стовбури через незначні механічні пошкодження кори та гілля. Ослаблені дерева легко уражаються шкідниками кори та деревини. Біологічним пошкодженням охоплюються дерева віком від 30 до 120 років, на стовбурах яких навесні та наприкінці літа утворюється яскраво-білий восковий воняний наліт іржастого гриба, що є їх важливою діагностичною ознакою [9].

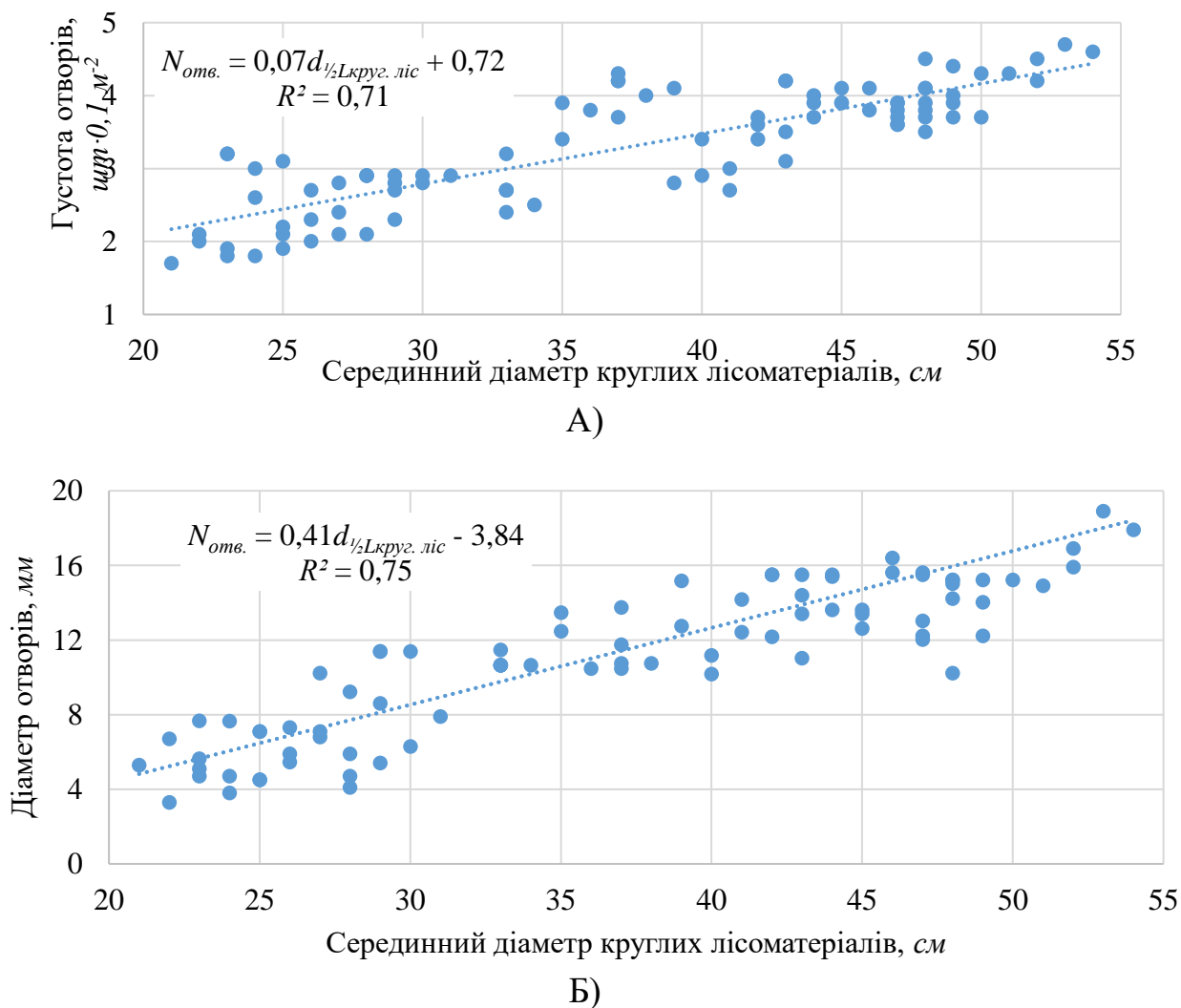
Ураження личинками комахи *Trypodendron lineatum* зумовлюють утворення вади деревини червоточини – ходів та отворів у деревині [4].





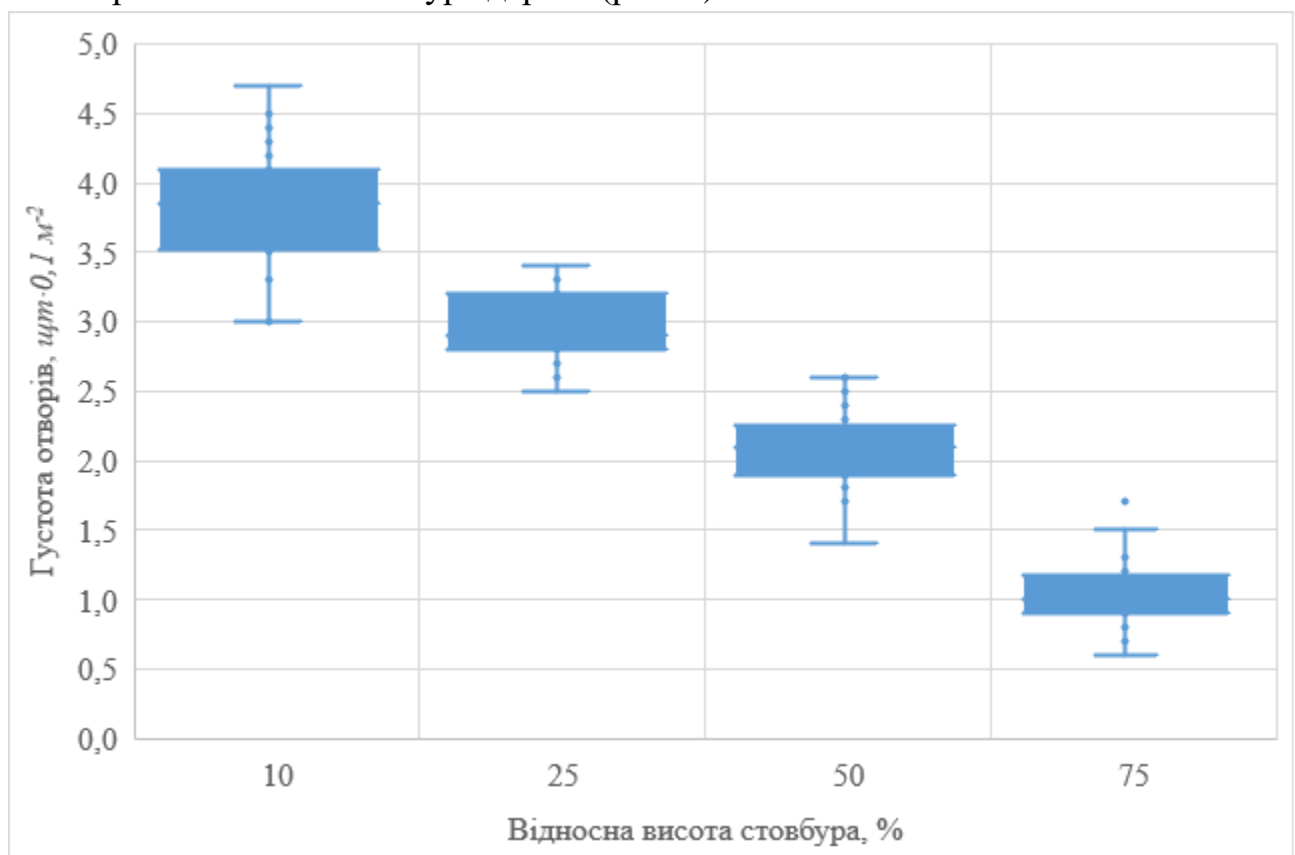
**Рис. 2. Зніт вузьколистий на лісовому зрубі**

Результати дослідження залежності червоточини від серединного діаметру круглого лісоматеріалу подано на рис. 3.



**Рис. 3. Залежність між густрою (А), діаметром (Б) отворів та серединним діаметром круглих лісоматеріалів**

Як видно з рис. 3, залежність між густиною червоточини ( $N_{отв.}$ ) та середнім діаметром круглих лісоматеріалів описується рівнянням першого порядку –  $N_{отв.} = 0,07d_{\frac{1}{2}L_{круг. ліс}} + 0,72$  ( $R^2 = 0,71$ ). Між діаметрами отворів (ходів), які утворені личинками комахи *Trypodendron lineatum*, та середнім діаметром круглих лісоматеріалів ялиці білої існує також прямолінійна залежність, яка описується рівнянням –  $N_{отв.} = 0,41d_{\frac{1}{2}L_{круг. ліс}} - 3,84$ , ( $R^2 = 0,75$ ). Результати дослідження червоточини деревини ялиці білої свідчать про збільшення густоти та діаметру отворів із зростанням діаметру стовбура, що доцільно пов'язувати зі зменшенням природної стійкості деревини. Важливим фактором є також своєчасне діагностування вогнища ураження комахи *Trypodendron lineatum* та його локалізація. Водночас варто наголосити на відмінності ураження личинками комах різних частин стовбура дерева (рис. 4).



**Рис. 3. Ураження личинками комахи *Trypodendron lineatum* за висотою стовбура**

Біологічні пошкодження личинками комахи *Trypodendron lineatum* свідчать, що найбільших уражень зазнає стовбурна деревина від комлевої частини до  $\frac{1}{4}$  висоти стовбура (рис. 4). Треба зазначити, що діаметр червоточини (отворів у деревині) є більшим 3 мм і знижує сортність круглих лісоматеріалів до класу якості деревини D.

З метою недопущення втрати сортності лісоматеріалів рекомендуємо фахівцям лісової галузі своєчасно виявляти дерева ялиці білої, які є біологічно уражені грибом *Melampsorella cerastii* Wint, та проводити їх заготівлю до їх

пошкодження комахами. Статистичну характеристику біологічного ураження круглих лісоматеріалів ялиці білої подано у таблиці 2.

Таблиця 2

### Статистична характеристика біологічних уражень стовбурів

Показники	Мінімальне значення	Середнє арифметичне значення та його помилка	Максимальне значення	Коефіцієнт варіації, %	Показник точності, %	
Серединний діаметр стовбурів без кори, см	21	37 <sup>±1,02</sup>	54	25,9	2,7	
Діаметр отворів, см	3,3	11,6 <sup>±0,49</sup>	22,0	39,7	4,2	
Густота отворів						
Відносна висота стовбура	10%	3,0	3,8 <sup>±0,09</sup>	4,7	11,4	2,3
	25%	2,5	2,9 <sup>±0,07</sup>	3,4	8,9	2,3
	50%	1,4	2,1 <sup>±0,05</sup>	2,6	12,6	2,2
	75%	0,6	1,1 <sup>±0,07</sup>	1,7	26,3	6,6
Середнє значення	1,7	3,3 <sup>±0,08</sup>	4,7	23,9	2,5	

Серединний діаметр досліджуваних стовбурів перебуває у межах від 21 см до 54 см із середнім значенням 37 см, що дало змогу проаналізувати особливості ураження червоточиною за висотою та віком дерева. Діаметр отворів змінювався від 3,3 мм до 22 мм із середнім діаметром 11,6 мм. Результати дослідження густоти отворів за висотою стверджують про збільшення її густоти за висотою стовбура. На відносній висоті 10% густота отворів варіює від 3,0 шт./0,1 м<sup>2</sup> до 4,7 шт./0,1 м<sup>2</sup> із середнім значенням 3,8 шт./0,1 м<sup>2</sup>. Найменшою густотою ураження червоточини характеризується стовбурна деревина на відносній висоті 75%, що змінюється від 0,6 шт./0,1 м<sup>2</sup> до 1,7 шт./0,1 м<sup>2</sup> із середнім значенням 1,1 шт./0,1 м<sup>2</sup>. Однак варіація густоти пошкодження червоточиною істотно залежить від тривалості ураження личинкою комах *Trypodendron lineatum*. Узагальнюючи сказане доцільно вказати на збільшення біологічного пошкодження червоточиною від комлевої частини стовбура до її вершини та зі збільшенням його серединного діаметру, а також личинки комах *Trypodendron lineatum* здебільшого уражають ослаблені дерева іржастим грибом *Melampsorella cerastii* Wint.

**Висновки.** Зніт вузьколистий (іван-чай) є необхідною проміжною ланкою у завершальному життєвому циклі та поширенні іржастого гриба і найбільше поширений на лісових зрубках, просіках, галявинах та поблизу доріг, а



його рясність збільшується зі збільшенням абсолютної висоти від 365 м до 1042 м н.р.м.

Між густотою червоточини, діаметром їх отворів, які утворені личинками комахи *Trypodendron lineatum* та середнім діаметром круглих лісоматеріалів встановлено прямолінійну залежність. Густота та діаметр червоточини зменшується від відземкової частини до вершини стовбура, а її збільшення доцільно пов'язувати зі зменшенням природної стійкості деревини ялиці білої.

## References

1. Holubets M. A. Suchasni problemy lisoznavstva, lisivnytstva ta lisovoho hospodarstva. Nauk. pratsi LANU. 2003. Vyp. 2. S. 20–26.
2. Kuzmishyna I. I., Kotsun L. O., Kotsun B.B. Fitotsenolohiia ta metodyka vykladannia fitotsenoziv u shkoli : metodychni rekomendatsii do laboratornykh zaniat dlia studentiv biolohichnoho fakultetu. Lutsk: Druk PP Ivaniuk V.P., 2017. 80 s.
3. Soroka M.I. Roslynnist Ukrainskoho Roztochchia: monohrafiia. Lviv: Svit, 2008. 434 s.
4. TU Ukrainy 16.1-00994207-001:2018. Lisomaterialy kruhli ta pyliani. Vizualni kharakterystyky. Klasyfikatsiia, termyny ta vyznachennia, sposoby vymiriuvannia. Tekhnichni umovy. Kyiv: Ministerstvo ekonomichnoho rozvytku, 2018. 132 s.
5. Iakubenko B. Ye., Popovych S. Yu., Ustymenko P. M. Heobotanika: pidruchnyk. K.: Fitosotsiotsentr, 2016. 347 s.
6. Can forests management based on natural disturbances maintain ecological resilience? / C.R. Drever et al. *Can. Jour. For. Res.* 2006. 36. P. 2285–2299.
7. Feemers M, Blaschke M, Lang KJ. Tannen-Rindennekrose – eine Komplexkrankheit an der Weißtanne. *AFZ/DerWald.* 2005. 60. S. 178–179.
8. Havill NP, Footitt RG. Biology and Evolution of Adelgidae. *Annu Rev Entomol.* 2007. 52. P. 325–349.
9. John R. Tannen-Rindennekrose in Baumhölzern. *AFZ-DerWald.* 2011. 11. S. 30–33.
10. Managing climate change impacts to enhance the resilience and sustainability of Fennoscandian forests / F.S. Chapin et al. *Ambio.* 2007. 36. P. 528–533.
11. Manion P. D. Tree Disease Concepts. NJ: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1991. 409 p.

**I. M. Sopushynskyy<sup>1</sup>, Ya. M. Kopolovets<sup>1</sup>, M. M. Casado-Sanch<sup>2</sup>, R. A. Torres<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National Forestry University of Ukraine, Lviv, Ukraine,

<sup>2</sup>University of Valladolid, Palencia, Spain

## ALTITUDE-ECOLOGICAL FEATURES OF REDUCED RESISTANCE OF WHITE FIR TREES TO DISEASES AND PESTS

*The reasons for the death of Silver fir aged from 30 to 60 years are analyzed in the scientific article. Damage to trees mainly occurred due to the influence of strong sunlight on the bark of young trees, which leads to a decrease in its vitality and the appearance of necrosis of the living fir bark. In fir stands, the development of a fungal disease was caused by high relative humidity in the spring, which promoted the spread of *Melampsorella cerastii* Wint spores. through an intermediate feeder, *Epilobium angustifolium*, on the leaves of which uredo- and teleito stages developed and*

*basidiospores was formed. It is investigated that Epilobium angustifolium as an integral part in the final life cycle and distribution of rust fungus is most common in forest felling area, clearings, meadows and near roads, and its abundance increased with increasing altitude from 365 m to 1042 m a.s.l. Fungal mycelium penetrates the trunks through minor mechanical damage to the bark and branches. Weakened trees are easily affected by bark and wood pests. Biological damage covers trees aged from 30 to 120 years, on the trunks of which a bright white waxy woolly coating of rust fungus forms on the trunks in spring and at the end of summer, which is their important diagnostic feature. Weakened by Melampsorella cerastii Wint. white fir trees are attacked by pests, in particular – larvae of Trypodendron lineatum, which lead to the formation of wormholes - passages and holes in the wood, which significantly deteriorates the quality of round timber. A linear relationship was established between the density of wormholes, the diameter of their holes, and the median diameter of round lumber. The density and diameter of the wormhole decreases from the root part to the top of the trunk, and its increase should be associated with a decrease in the natural stability of white fir wood. In order to prevent the loss of the quality of timber, we recommend that forestry specialists timely identify white fir trees that are biologically affected by the fungus Melampsorella cerastii Wint, and harvest them before they are damaged by insect larvae.*

**Key words:** *Silver fir, wormhole, Trypodendron lineatum, Epilobium angustifolium, round timber.*