



І. М. УСЦЬКИЙ¹, О. А. МИХАЙЛІЧЕНКО¹, В. А. ДИШКО¹, А. А. МОСТЕПАНЮК²
ВОЛОГІСТЬ ЯДРОВОЇ ТА ЗАБОЛОННОЇ ДЕРЕВИНИ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ
В НАСАДЖЕННЯХ, УРАЖЕНИХ КОРЕНЕВОЮ ГУБКОЮ

¹Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького
²Державне підприємство «Харківська лісова науково-дослідна станція»

Досліджено зміни вологості ядрової та заболонної деревини сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у Волинській і Харківській областях залежно від частини стовбура в осередках кореневої губки (хворі і стійкі дерева) і в міжосередковому просторі (здорові дерева) в умовах тривалої посухи. Результати свідчать, що у хворих дерев найменшою є вологість заболонної деревини в нижній частині стовбура (0–4 м), водночас вологість заболони здорових дерев є порівняно нижчою в стовбурі біля крони. Вміст вологи в ядрі стовбура від окоренка до крони від стану дерева не залежить, проте в кроні здорових дерев міжосередкового простору він є дещо зниженим. Вологість як ядрової, так і заболонної деревини сосни в осередках усихання з висотою стовбура збільшується, максимальний вміст вологи відзначено в стовбурі біля крони. У стовбурі біля крони відносна вологість заболонної деревини здорових дерев з висоти 18 м і до верхівки менша, ніж у хворих і стійких дерев. Зниження вологості заболонної деревини в нижній частині стовбура уражених кореневою губкою дерев осередків усихання і в стовбурі крон здорових дерев міжосередкового простору внаслідок тривалої посухи може бути сприятливим для поширення великого соснового лубоїда, який заселяє нижню частину стовбура дерев сосни в осередках хвороби, і верхівкового короїда в кронах дерев міжосередкового простору.

Ключові слова: відносна вологість деревини, заболонь, ядрова деревина, висота дерева, крона дерева, стовбур дерева.

Вступ. Зміни умов існування, зокрема водного режиму, викликають істотні зміни в метаболізмі рослин, що спричинює зміни складу і співвідношення метаболітів і запасних речовин, і, вже як наслідок, відбивається на морфологічних параметрах дерев. Зміни в метаболізмі дерев є сигналом до заселення їх стовбуровими шкідниками (Andreieva 2016, Andreieva et al. 2018). Великий та малий соснові лубоїди (*Tomicus piniperda* L. і *T. minor* Hart.) заселяють стовбури ослаблених дерев в осередках кореневої губки (Krasnov et al. 2011). Функціонування смолоносної системи здорових дерев запобігає заселенню їх комахами (Isaev & Girs 1975).

В останні роки погодні умови відзначалися тривалими посушливими періодами під час вегетації, особливо у Правобережному Поліссі та Лісостепу. Посуха сприяла поширенню всихання сосни (*Pinus sylvestris* L.) після масового заселення дерев верхівковим короїдом (*Ips acuminatus* Gyll.) (Meshkova & Bobrov 2020). У соснових насадженнях осередки верхівкового короїда, за нашими спостереженнями, виникали в різних місцях відносно здорових частин насадження, і чіткої асоціації осередків короїдів із всиханням дерев від кореневої губки не виявлено. Чинниками прямого ураження також є комплекси стовбурових шкідників та асоційованих із ними офіостомових грибів (Davydenko et al. 2017). У більшості уражених короїдами дерев відбувається фрагментарне або навіть повне заселення деревини офіостомовими грибами, які викликають її посиніння. Оскільки функціонування смолоносної системи дерева залежить від вологості деревини (Kramer & Kozlowski 1979), найбільш імовірною причиною поширення осередків є фрагментарні зміни водного режиму в насадженні під час посухи.

Метою досліджень є виявлення особливостей зміни вологості заболонної та ядрової деревини сосни різного стану в осередках кореневої губки.

Матеріали й методи. Польові дослідження, відбирання зразків та заміри вологи здійснювали у другій половині вегетаційного періоду після тривалої посухи 2015 р. у ДП «Маневицьке ЛГ» та 2019 р. у ДП «Харківська ЛНДС». Роботи з вимірювання вмісту вологи провели в чистих за складом соснових насадженнях VI–VII класів віку, уражених кореневою губкою в ДП «Маневицьке ЛГ» Волинського ОУЛМГ та Липецькому лісництві ДП «Харківської ЛНДС». У насадженнях ДП «Маневицьке ЛГ» відібрано й зрубано вісім модельних живих дерев III–IV категорій санітарного стану віком 50–75 років. Вологість

деревини на висоті 1, 3, 10, 15, 20 та 25 м визначали за допомогою приладу «Волога Мікс» на свіжому зрізі в області ядра та заболоні. Загалом проводили по 2–3 заміри в кожному місці.

Більш детальні дослідження в цьому напрямі проведено в сосновому насадженні VI класу віку, ураженому кореневою губкою, в ДП «Харківські ЛНДС». Для досліджень було зрубано 15 модельних дерев різного санітарного стану, з них п'ять – стійких до кореневої губки (прогалина осередку всихання); п'ять – хворих (активна зона всихання, межа прогалини) та п'ять – здорових (зімкнений простір не ураженої хворобою частини насадження). Древа вибирали серед середніх із відповідних категорій стану, тому їхні висоти були різними і в середньому становили: хворі – $25,2 \pm 0,73$ м, здорові – $26,8 \pm 0,70$ м і стійкі – $24,7 \pm 0,70$ м. Вологість ядрової та заболонної деревини визначали в двох-трьох повторностях. Зразки відбирали зі зрізів на окоренку та через 2 м від окоренка до верхівки, загалом близько 250 зразків. Уміст вологи визначали ваговим методом (Yemelyanov 2004). Перше зважування сирих зразків робили відразу після відбирання.

Відносну вологість зразку W (%) визначали за формулою (1):

$$W = \frac{m_{\text{вол.}} - m_{\text{сух.}}}{m_{\text{вол.}}} \times 100\% \quad (1)$$

де $m_{\text{сух}}$ – маса зразку в абсолютно сухому стані, г;

$m_{\text{вол}}$ – маса зразку зі свіжозрубаної деревини, г.

Для виявлення відповідності нормальному розподілу статистичних вибірок показників вологості застосовували тест Колмогорова-Смирнова. Умови однорідності та стабільності групових дисперсій перевіряли за допомогою тесту Левене (Hammer et al. 2001). Для визначення статистично значущих відмінностей між статистичними вибірками використано тест Стьюдента (Hammer et al. 2001).

Результати та обговорення. Результати досліджень свідчать, що вологість ядрової деревини сосни є нижчою, ніж заболонної, та протягом сезону, на відміну від неї, змінюється несуттєво. Оскільки поживні речовини піднімаються до крони у заболонній деревині, ядрова деревина виконує переважно механічні функції й не бере участі у фізіологічних процесах. Водночас можливе переміщення вологи в горизонтальному напрямку від ядра до заболоні (Vikhrov 1954), що, ймовірно, є механізмом регулювання режиму оптимальної вологості фізіологічно активної частини стовбура.

Проведені дослідження в ДП «Маневицьке ЛГ» у 2015 р. пов'язані з масовою появою дерев із частково всохлими кронами, які в наступні роки всихали повністю. Всохла частина крони була заселена верхівковим короїдом і вусачами. Симптоми цього патологічного процесу та розміщення уражених дерев не мали очевидного зв'язку з осередками кореневої губки. Результати щодо визначення відносної вологості дерев із частково всохлою кроною свідчать, що вологість заболонної деревини стовбура до початку крони життєздатних дерев без ознак усихання становила 75–95 %. Вологість ядрової деревини була в 1,5–2 рази нижчою (рис. 1).

Вологість заболоні перед гілками крони знижується на 23 % і поступово зменшується до всохлої частини крони на 17 %. Відносна вологість уже сухого пагону становила близько 15 %. Вологість ядрової деревини з висотою знижувалася несуттєво, на 5–7 %, і перед сухим пагоном вона становила 37 %. У дерев із всохлою частиною крони визначено тенденцію до зниження вмісту вологи заболонної деревини в межах крони у порівнянні з деревиною стовбура. Уміст вологи в ядровій деревині стовбурової частини таких дерев є майже вдвічі меншим, ніж у заболонній. У межах крони різниця між вологістю деревини заболоні та ядра зменшується. Таким чином, у дерев із частково всохлими кронами вологість заболоні в межах крони з висотою зменшується, що може бути причиною всихання крони через перевищення витрат вологи на транспірацію над поданням її кореневими системами, а заселення частини крони верхівковим короїдом може бути наслідком її нестачі. За

дослідженнями М. І. Гордієнка зі співавт. (Hordiyenko et al. 1995), В. О. Рибак з співавт. (Rybak et al. 2005), у дерев без ознак патологічних процесів найвищою вологість заболонної деревини стовбурів сосни є в межах крони, а найнижчою – посередині висоти стовбурів у тій частині, де відсутні гілки. Середнє значення має вологість деревини біля кореневої шийки. А. О. Бондар та В. В. Попельнюк (Bondar & Popelniuk 2006) відзначають, що в соснових насадженнях різного віку в умовах Полісся найвищою вологість заболонної деревини є у верхній частині крони та дещо нижчою – в окоренковій частині. На різній висоті стовбура до крони вологість заболоні часто є нижчою, ніж в окоренковій частині; висота розміщення такої зони залежить від лісорослинних умов і віку насадження.

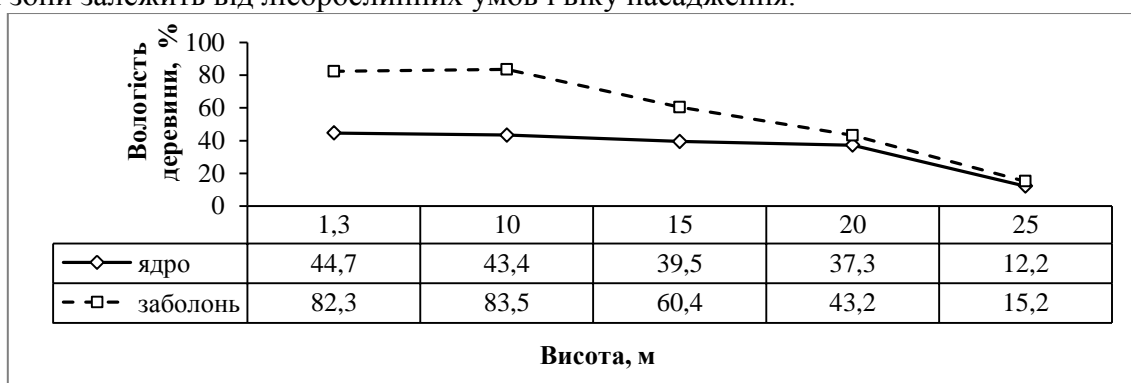


Рис. 1 – Вологість ядрової й заболонної деревини на різній висоті дерев із верхівками, що всихають (ДП «Маневицьке ЛГ», Волинське ОУЛМГ)

Детальніше вивчення змін вологості ядрової та заболонної деревини за висотою проведено у здорових дерев міжосередкового простору (I категорія стану), у хворих (III категорія стану) та стійких до хвороби дерев (I категорія стану) в осередках усихання. Результати визначення вологості заболонної та ядрової деревини дерев різного санітарного стану свідчать (табл. 1), що ядрава деревина стовбура до крони здорових та стійких дерев у середньому містить на 40–48 % менше вологи, ніж заболонна, а хворих – на 40–60 %. Вологість ядрової деревини стовбура крони незалежно від стану дерев є суттєво меншою і становить 57–90 % вологи заболонної деревини.

Таблиця 1

Відносна вологість ядрової та заболонної деревини сосни різного стану на різній висоті дерева, %

Стан дерев	Частина стовбура		
	Низ від окоренка	Середина до крони	Під впливом крони
Ядрова деревина			
Хворі дерева	21,8 ± 1,56	24,1 ± 0,61	45,5 ± 2,98
Здорові дерева	22,9 ± 0,52	23,2 ± 0,24	47,5 ± 2,92
Стійкі дерева	23,4 ± 0,24	23,9 ± 0,29	42,1 ± 3,18
t хворі/здорові	0,7	1,5	0,5
t хворі/стійкі	1,0	0,2	0,8
t здорові/стійкі	0,9	2,0	1,2
Заболонна деревина			
Хворі дерева	42,8 ± 2,64	48,9 ± 2,78	59,1 ± 1,38
Здорові дерева	53,1 ± 1,51	53,6 ± 0,71	55,0 ± 1,42
Стійкі дерева	50,4 ± 1,33	55,8 ± 0,54	60,7 ± 0,82
t хворі/здорові	3,4**	1,7	2,0*
t хворі/стійкі	2,6*	2,3*	1,0
t здорові/стійкі	1,3	2,4*	3,2**

*Достовірно на 0,05.

**Достовірно на 0,001.

Результати досліджень також свідчать (рис. 2), що вологість ядрової деревини в нижній і середній (до крони), а також верхній (крона) частинах стовбура слабо залежить від стану дерева і становить 22–23 %, 23–24 % та 42–48 % відповідно (відмінності є недостовірними згідно з результатами *t*-тесту в таблиці 1).

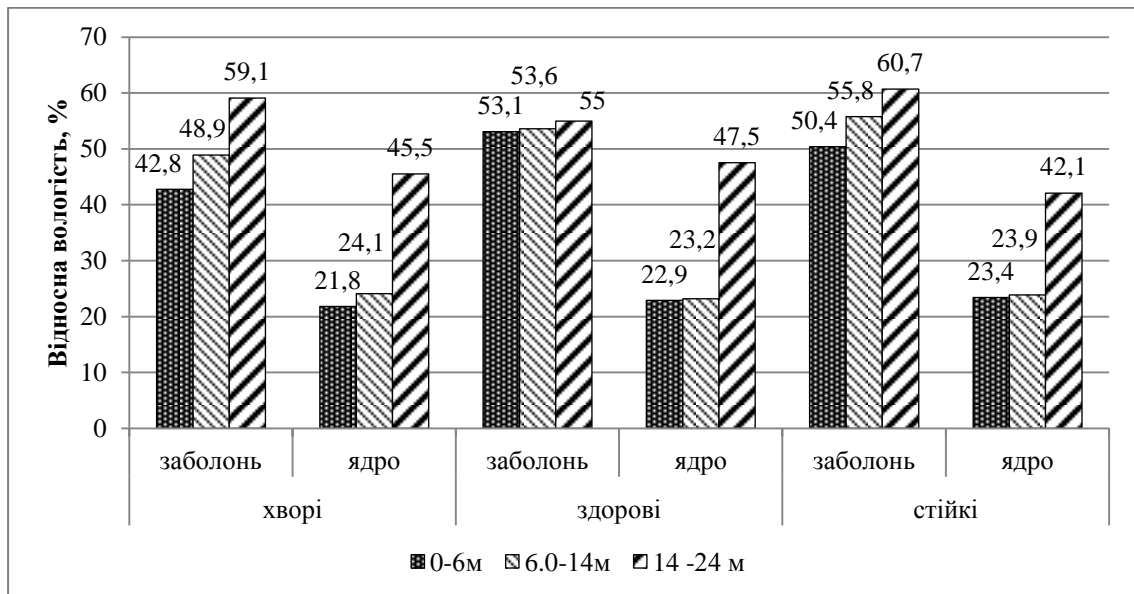


Рис. 2 – Середня відносна вологість ядрової та заболонної деревини дерев сосни різного стану на різній висоті стовбура

У сосновому насадженні, ураженому кореневою губкою, у дерев різного стану зміна вмісту вологи з висотою в ядровій деревині свідчить про певну відмінність між деревами, що ростуть в осередку всихання (хворі, стійкі), та деревами у міжосередковому просторі (рис. 3).

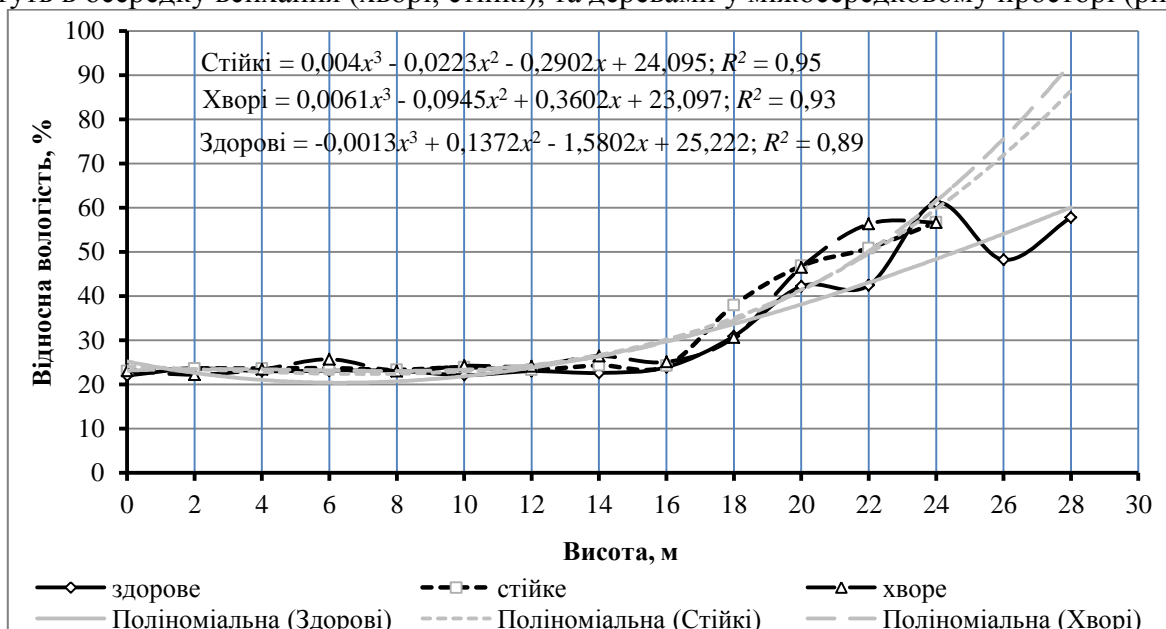


Рис. 3 – Зміни вологості ядрової деревини з висотою у дерев різного стану в сосновому насадженні VI класу віку, ураженому кореневою губкою (ДП «Харківська ЛНДС»)

Загалом вологість ядрової деревини дерев різного стану з висотою збільшується з достатньою достовірністю; її описують поліноміальні рівняння третього ступеня. Криві вологості ядрової деревини хворих та стійких дерев збігаються і з висоти 18 м проходять вище кривої вологості здорових дерев міжосередкового простору. Результати аналізу

свідчать про наявність тенденції зниження вологості ядрової деревини в стовбурі біля крони здорових дерев, що пов'язане, ймовірно, з дефіцитом вологи, який виник у зімкненій частині насадження (міжосередковий простір) під час посухи у вегетаційний період 2019 р.

Вологість заболонної деревини дерев різного санітарного стану з висотою також нерівномірно збільшується, проте характер цих змін більше залежить від стану дерев (рис. 4). Зміну вологості стійких дерев майже функціонально описує поліноміальне рівняння другого ступеня. Крива змін вологості з висотою у здорових дерев міжосередкового простору обернена до кривої змін вологості у стійких дерев; її описує поліноміальне рівняння третього ступеня. Зміна вологості заболоні хворих дерев характеризується різким її збільшенням на висоті 6–8 м (52 %) і також описано поліноміальним рівнянням третього ступеня. Хворі дерева в осередках усихання вирізняються найнижчою вологістю заболоні в нижній частині стовбура (0–4 м) – 41 %. Дещо більшу вологість у цій частині стовбура мають стійкі дерева – 49 %, а найбільшу – здорові дерева міжосередкового простору – 54 %. У середній частині стовбура – 10–16 м (перед кроною) – відносна вологість хворих дерев є найнижчою і становить у середньому 49 %. У межах крони – 18–24 м (28 м для здорових дерев) – найнижчу вологість заболонної деревини зафіксовано в здорових дерев міжосередкового простору, в середньому – 55,8 % (56,3 % – у хворих та 59,9 % – у стійких).

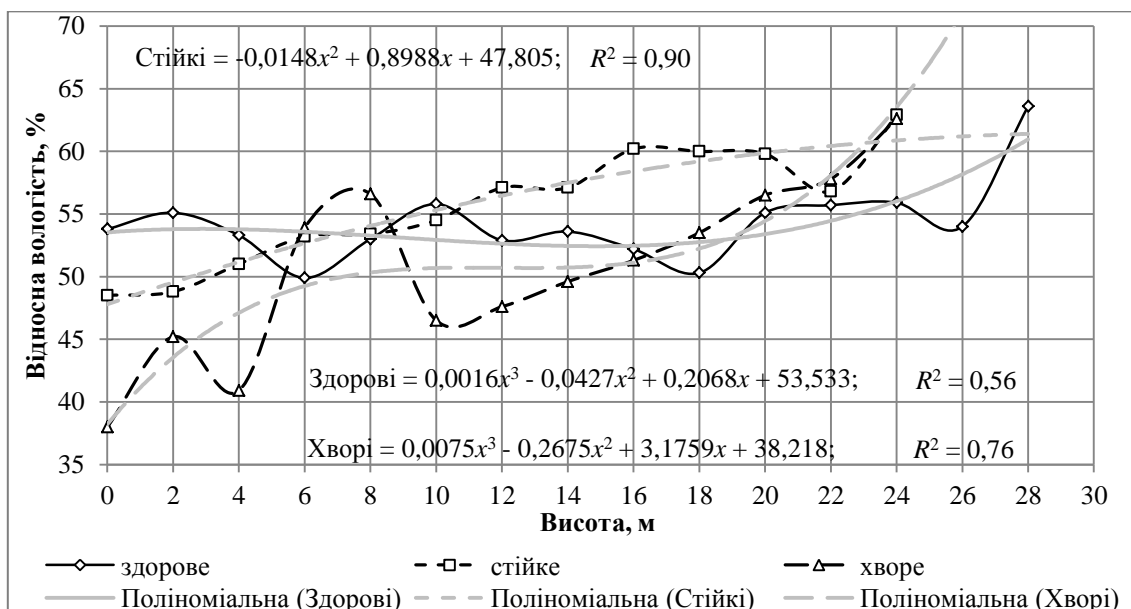


Рис. 4 – Зміни вологості заболонної деревини з висотою дерев різного санітарного стану в насадженні сосни VI класу віку, ураженому кореневою губкою (ДП «Харківська ЛНДС»)

Таким чином, після тривалої посухи 2019 р. вологість деревини стовбура біля крони дерев сосни, що знаходяться в не ураженій кореневою губкою частині насадження, була нижчою, ніж стійких та уражених хворобою дерев в осередках усихання, що може бути сприятливим для поширення верхівкового короїда, життєвий цикл якого проходить під тонкою корою (Meshkova et al. 2015).

Зниження вмісту вологи у нижній частині крони хворих дерев в осередках кореневої губки створює умови для заселення їх стовбурів великим сосновим лубоїдом і шестизубчастим короїдом (*Ips sexdentatus* (Boern.)). Вони пристосовані до життя в грубій корі стовбура (Anuchin et al. 1985). Враховуючи те, що функції кореневих систем уражених кореневою губкою дерев є ослабленими, в умовах осередку світловий режим є кращим, а витрати вологи на транспірацію – порівняно більшими, подання вологи кореневими системами хронічно не компенсує їх, у зв'язку з чим вологість заболоні в нижній частині стовбура знижується. У здорових дерев міжосередкового простору за зоною поширення

хвороби внаслідок посухи виникає тимчасовий дефіцит вологи в кроні дерева, що створює умови для заселення гілок верхівковим короїдом. Тривалі посухи можуть призвести до хронічного дефіциту вологи в місцях із високим вмістом мулистих фракцій (Ustsky & Mukhailichenko 2018) та заселення комахами-ксилофагами, що, зі свого боку, може спричинити суховершинність та всихання насадження. Стійкі до хвороби дерева ростуть у відкритому просторі прогалини, де вологість ґрунту є в 1,5–2 рази вищою, ніж у міжосередковому просторі (Ustsky 2011); крім того, вони вирізняються адаптованою до вільного простору кореневою системою й мають кращий світловий режим. У такому випадку посушливі умови найменше впливають на їхній водний режим.

Висновки. Відносна вологість ядрової деревини майже не залежить від санітарного стану дерев і з висотою збільшується. Натомість вологість заболонної деревини залежить від стану дерев і теж збільшується з висотою. Найбільшу відносну вологість як ядрової, так і заболонної деревини виявлено в стовбурі крони дерев. Зміни вмісту вологи в деревині з висотою стовбура дерев свідчать про тенденції зниження вологості ядрової деревини в стовбурі крони здорових дерев через тривалу посуху. Динаміка зміни вологості заболонної деревини з висотою у дерев різного стану різниться. У нижній частині стовбура найбільшу вологість заболонної деревини мають здорові дерева міжосередкового простору, а найменшу – хворі. У середній частині стовбура (до крони) вміст вологи в заболонній деревині хворих дерев теж є найменшим, проте на висоті 6–8 м він є близьким до значення відносної вологості здорових та стійких до хвороби дерев на цій висоті. У стовбурі крони відносна вологість заболонної деревини здорових дерев, особливо з висоти 18 м і до вершини, є меншою, ніж у хворих та стійких дерев. Зниження вологості заболонної деревини в нижній частині стовбура в уражених кореневою губкою дерев осередку всихання та в стовбурі крон здорових дерев міжосередкового простору внаслідок тривалої посухи може бути сприятливим для поширення великого соснового лубоїда, який заселяє нижню частину стовбура дерев сосни в осередках хвороби, та верхівкового короїда в кронах дерев міжосередкового простору.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Andreieva, O. Y. 2016. Stem pests in the foci of pine stands decline in the State Enterprise “Zhytomyr Forest Economy” of Zhytomyr region. The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series: Phytopathology and Entomology, 1–2: 3–9 (In Ukrainian).
- Andreieva, O. Y., Guzii, A. I., Vyshnevskiy, A. V. 2018. Distribution of centers of mass reproduction of bark beetles in pine plantations of Rivne Polissya. Scientific Bulletin of UNFU, 28(3): 14–17 (in Ukrainian).
- Anuchin, N. A., Atrokhin, V. H., Vinogradov, V. N. 1985. Forest encyclopedia: in 2 volumes. Vorobiev, G. I. (Ed.). Moscow, Soviet encyclopedia, 563 p. (in Russian).
- Bondar, A. O. and Popelniuk, V. V. 2006. Humidity of needles, leaves and sapwood of Scots pine and oak cultures created in fresh oaks. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 30: 143–148 (in Ukrainian).
- Davydenko, K., Vasaitis, R., Menkis, A. 2017. Fungi associated with *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Ukraine with a special emphasis on pathogenicity of ophiostomatoid species. European Journal of Entomology, 114: 77–85.
- Hammer, O., Harper D. A. T., Ryan, P. D. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. [Electronic resource]. Palaeontologia Electronica 4: 1–9. Available at: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (accessed 24.11.2021).
- Hordiyenko, M. I., Shabliy, I. V., Shlapak, V. P. 1995. The Scots pine: its features, stand establishment, and productivity. Kyiv, Lybid, 224 p. (in Ukrainian).
- Isaev, A. S. and Girs, A. I. 1975. The interaction between a tree and xylophagous insects (the case study of *Larix sibirica*). Novosibirsk, Nauka, 114 p. (in Russian).
- Kramer, P. J. and Kozlowski, T. T. 1979. Physiology of woody plants. 1st Edition. New York, Academic Press, 811 p.
- Krasnov, V. P., Tkachuk, V. I., Orlov, O. O. 2011. Handbook on forest protection. Kyiv, ECO-Inform Publishing House, 528 p. (in Ukrainian).
- Meshkova, V. and Bobrov, I. 2020. Parameters of *Pinus sylvestris* health condition and *Ips acuminatus* population in pure and mixed stands of Sumy region. Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 20: 131–140.

Meshkova, V. L., Kochetova, A. I., Zinchenko, O. V. 2015. Pine engraver beetle *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827): Insecta: Coleoptera: Scolytinae in the South-Eastern Steppe of Ukraine. The Kharkiv Entomological Society Gazette, 23(2): 64–69 (in Ukrainian).

Rybak, V. O., Hordiyenko, M. I., Maurer, V. M., Hrynchenko, V. V., Hordiyenko, N. M., Fuchylo, Ya. D. 2005. Silvicultural experience in Boyarka Forest Research Station of National Agrarian University. Kyiv, PPNAU, 522 p. (in Ukrainian).

Utsky, I. M. 2011. Soil features in Novgorod-Siversky Polissya pine stands affected by root rot. Forest Journal, 2: 48–52 (in Ukrainian).

Utsky, I. M. and Mykhailichenko, O. A. 2018. Granulometric composition of soil in planted pine stands affected by root rot and water regime in the foci of decline. Forestry and Forest Melioration, 133: 142–148 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.133.2018.142>

Vikhrov, V. E. 1954. The structure and physical and mechanical properties of oak wood. Moscow, Academy of Sciences of USSR, 263 p.

Yemelyanov, V. G. 2004. Fundamentals of wood science and forest commodity science. Kharkiv, KSAU named after V. V. Dokuchaev, 337 p. (in Ukrainian).

Utsky I. M.¹, Mykhailichenko O. A.¹, Dyshko V. A.¹, Mostepanuk A. A.²

MOISTURE CONTENT IN SCOTS PINE HEARTWOOD AND SAPWOOD IN STANDS DAMAGED BY *HETEROBASIDION ANNOSUM* (FR.) BREF.

¹Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky

²State Enterprise 'Kharkiv Forest Research Station'

The paper outlines the findings in Volyn and Kharkiv regions on the changes in the heartwood and sapwood moisture content with the height of the tree in the root rot foci (affected trees and those resistant to the disease) and in the space between the foci (healthy trees) during a prolonged drought. The results of the study showed that affected trees have the lowest sapwood moisture content in the lower part of their trunks (0–4 m), while the sapwood moisture content in healthy trees is relatively lower in the trunks of the crown. The moisture content in the heartwood of the trunk up to the crown does not depend on the tree's condition, but in the crown, it is slightly lower in healthy trees in the space between the foci. Moisture content in both heartwood and sapwood of the trees in the decline foci increases with height and its highest level is in a trunk of a crown. In the trunk of the crown, the relative sapwood moisture content in healthy trees from a height of 18 m up to the top is less than that in affected and resistant trees. A decrease in sapwood moisture content in the lower part of the trunk of the affected trees in the decline foci and in the trunk of healthy trees in the area outside the foci due to a prolonged drought may enable the spread of *Tomicus piniperda* which inhabits a lower trunk as well as *Ips acuminatus* in the treetops in the area outside the root rot foci.

Key words: root rot, relative wood moisture content, sapwood, heartwood, trunk height, tree crown, tree trunk.

E-mail: ustskiy@uriffm.org.ua; valya_dishko@ukr.net

Одержано редколегією 25.03.2021