

Наталія Марченко, Сергій Новицький, Денис Зав'ялов

## ОСОБЛИВОСТІ КІНЕТИКИ ВОДО- ТА ВОЛОГОПОГЛИНАННЯ СУХОСТІЙНОЇ ДЕРЕВИНИ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

**Актуальність теми дослідження.** Протягом останніх років всихання хвойних деревостанів набули значних масштабів, що стало причиною зростання, отримуваних у процесі лісозаготівель, обсягів так званої «сухостійної» деревини, однією з ознак якої є ураження деревозабарвлюючими грибами. Тому виникло питання ефективного та раціонального використання такої деревини у промисловості. Дослідження показників водо- та вологопоглинання такої деревини сприятимуть пошуку раціональних шляхів її використання.

**Постановка проблеми.** Відсутність деревинознавчих характеристик сухостійної деревини сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженню показників водопоглинання і вологопоглинання сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) без ознак мікологічних уражень та всихання присвячено чимало наукових робіт, однак експериментальних даних щодо сухостійної деревини досить небагато.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Відсутність даних щодо показників водо- та вологопоглинання сухостійної деревини сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) з деревостанів різної давності всихання.

**Постановка завдання.** Завданням цієї роботи є дослідження кінетики водо- і вологопоглинання сухостійної деревини сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.).

**Виклад основного матеріалу.** Визначення показників водо- та вологопоглинання проводили згідно з методикою ГОСТ 16483.19-72 та ГОСТ 16483.20-72 на зразках деревини, відібраної з хвойних деревостанів (сосна звичайна) давності всихання від 1-го до 3-х років Київської та Житомирської областей, у порівнянні зі здоровою деревиною.

**Висновки відповідно до статті.** Підтверджено тенденцію до зростання показників водопоглинання та вологопоглинання зі збільшенням давності всихання деревини сосни звичайної.

**Ключові слова:** *Pinus sylvestris* L.; давність всихання; деревинозабарвлюючі гриби; мікологічні ураження.

Табл.: 1. Рис.: 4. Бібл.: 10.

**Актуальність теми дослідження.** Сьогодні попит на деревину як матеріал на основі відновлюваних видів сировини стрімко зростає. Це викликано тим, що застосування елементів із дерева є одним із важливих напрямків підвищення ефективності будівельного виробництва, оскільки деревина належить до класу легких будівельних конструкцій. Однак активне споживання деревини у світі призвело до того, що вирубка лісів значно перевищує лісопосадки. У результаті – більшість країн відчуває нестачу лісових насаджень, особливо деревини хвойних порід промислового значення, яка активно споживається як конструкційна. Така ситуація спонукає до пошуків додаткових резервів деревини, придатних для використання в промисловості. Подібним резервом може бути сухостійна деревина, що виявляється в лісових насадженнях усіх груп віку і типів лісу, запас якої щорічно збільшується в результаті зміни природних факторів.

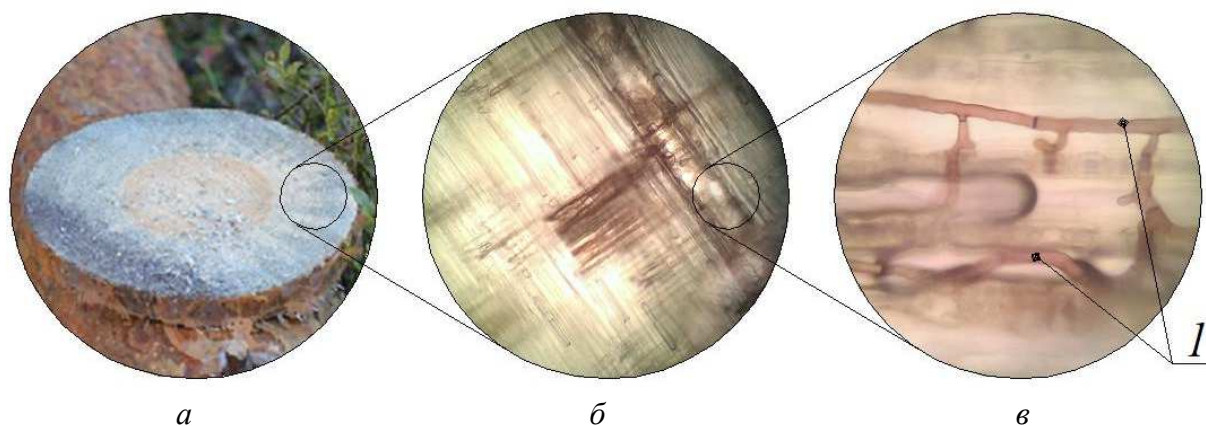
Зміна середньорічної температури в середньому на 1,5-1,9 °C у вищу сторону та зменшення середньорічних опадів на 6-8 мм і призвели до ослаблення всиханням соснових деревостанів України [5]. Наслідками всихання соснових насаджень є часткова втрата технічної придатності деревини через її забарвлення у відтінки від синього до чорного кольорів (рис. 1), до якого призводить діяльність багаточисельних сумчатих грибів родів *Ophiestoma*, *Ceratostomella*, грибів родів *Pullularia*, *Phialophora*, а також грибів *Aspergillus niger*, *Aureobasidium pullulans* та інших. Деревозабарвлюючі гриби – типові мешканці деревини хвойних порід, які можна поділити на дві групи:

1) гриби, гіфи яких ростуть переважно в паренхімних клітинах і живляться тільки запасами, зосередженими в клітинах вертикальної паренхіми і серцевинних променях дерева, але не зачіпають структуроутворюючих елементів клітин і не знижують міцності матеріалу. Утворення пігментів вказує на протікання окислювально-відновних процесів, що каталізуються ферментами грибів та/або захисними ферментами системи деревини;

2) гриби, що виробляють ферменти, які деструктують целюлозу, геміцелюлози й пектинові речовини. Існують також ферменти, деструктуючі лігнін – фенолоксідази.

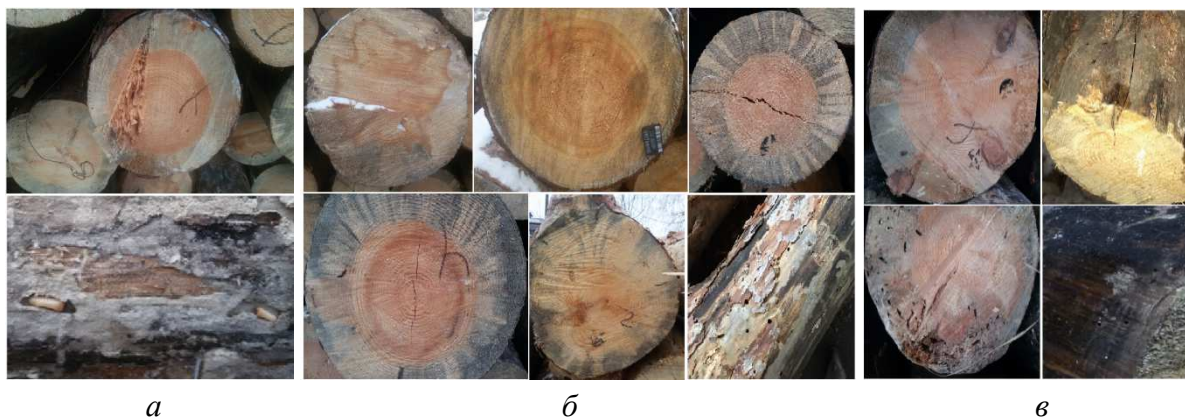
Отже, основними сортоутворюючими ознаками сухостійної деревини сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) є (рис. 2): а) давністю всихання до 1-го року – заболонні грибні забарвлення (синява), торцеві та неглибокі бічні тріщини всихання і поверхнева черво-

точина; б) давністю всихання до 2-х та до 3-х років – глибокі бічні тріщини від всихання, глибокі грибні забарвлення від синього до чорного кольорів, неглибока та глибока червоточина, заболонні та ядрові гнилі різної глибини ураження.



*Рис. 1. Вигляд деревини:*

*а – на зрізі колоди, ураженої деревозабарвлюючими грибами; б – мікрозріз у 640-кратному збільшенні; в – мікрозріз у 1600-кратному збільшенні; 1 – скупчення гіфів у клітинах серцевинних променів*



*Рис. 2. Деякі з основних сортоутворюючих вад сухостійної деревини сосни:*

*а – давністю всихання до 1-го року; б – давністю всихання до 2-х років; в – давністю всихання до 3-х років*

На сьогодні сортування лісосировини в нашій країні регламентується міждержавними стандартами (ГОСТ 9463-88, ГОСТ 9462-88), національними стандартами (ДСТУ ENV 1927-1, ДСТУ ENV 1927-2, ДСТУ ENV 1927-3, ДСТУ EN 1315-2, ДСТУ EN 1316-1) і технічними умовами (ТУ). Варто зазначити, що в жодному з цих нормативних документів не зазначено такого терміна, як «сухостійна деревина», що ускладнює її ідентифікацію та визначення напрямку використання. Однак відомо, що застосування деревини з ознаками мікологічних уражень як конструкційного матеріалу можливо тільки на ранніх стадіях мікологічного впливу [3].

Загалом характеристичні властивості такої деревини мало досліджені і, відповідно, її потенціал повністю не використовується. У результаті чого її переважно застосовують у виробках невисокої відповідальності, до яких не висувається високих вимог щодо якості: заготовки для тари, піддонів, ящиків, дрова колоті, брикети тощо.

**Постановка проблеми.** Вивчення деревинознавчих аспектів носить важливий характер не лише в межах однієї породи, а й окремого дерева. Це викликано значною варіабельністю фізичних та механічних властивостей ростучого дерева, як за місцем походження дерева, інтенсивністю його зростання, так і за перерізом та висотою стовбура. Однак більшість досліджень, на основі яких було зібрано та стандартизовано великий

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

статистичний матеріал [4], виконувались ще в період з 1961 по 1984 рр. для різних регіонів СРСР, у тому числі й у загальному – для УРСР. На сьогодні такі дослідження носять локальний характер і, як наслідок, отримані дані прив'язані до місця походження деревини та інтенсивності її зростання.

Крім того, зазначено, що в наш час значення показників фізичних та механічних властивостей деревини, на відміну від даних минулих років, носять дещо інший характер унаслідок зміни умов зростання дерев через різку конверсію клімату. Також такі кліматичні зміни призводять до того, що в лісах спостерігається розвиток та швидке поширення патологічних процесів, які спричиняють масове всихання деревостанів, особливо соснових, внаслідок чого відбувається ослаблення дерев, що найчастіше супроводжується грибними ураженнями і, відповідно, зміною технічних властивостей деревини.

У випадку виготовлення пиломатеріалів конструкційного призначення з сухостійної деревини сосни часто виникає необхідність у їх просочуванні антисептуючими речовинами, особливо за наявності ознак мікологічних уражень. Тому важливою характеристикою деревини в цьому процесі є величина показника водопоглинання.

Слід зауважити, що під час експлуатації конструкційних матеріалів відбувається зміна їхньої вологості, оскільки деревина поглинає або віддає вологу з повітря. Це явище має велике практичне значення, оскільки будь-яка зміна кількості зв'язаної води пов'язана зі зміною розмірів та показників фізико-механічних властивостей деревини. Здатність деревини поглинати вологу з повітря відноситься до її негативних властивостей, тому для зменшення вологопоглинання деревину покривають фарбами та лаками. Для більш істотного зниження гігроскопічності застосовують просоченням деревини штучними смолами.

Отже, вивчення деревинознавчих характеристик сухостійної деревини дає можливість прогнозування її поведінки в процесі обробки та експлуатації, що дає змогу віднайти напрямки раціонального використання такої сировини. У зв'язку з цим визначення показників водо- та вологопоглинання сухостійної деревини сосни є актуальним питанням сьогодення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Більшість досліджень закономірності процесів поглинання води та води проведено вченими на деревині без ознак всихання [2; 7; 10]. Щодо деревини із всохлих деревостанів, то деякими дослідниками [6] зазначено, що через місяць після дії деревинозabarвлюючих грибів (синяви) швидкість водопоглинання заболоні сосни зростає в 1,5 рази. Проте відомості щодо показників та кінетики вологопоглинання деревини сосни звичайної, ослабленої всиханням, досить обмежені. Однак існують дані, що за низького вологовмісту розвиток грибів сильно сповільнюється, а при його значенні нижче 20 % повністю припиняється [3]. Загалом дослідження сухостійної деревини почались нещодавно і їх досить небагато.

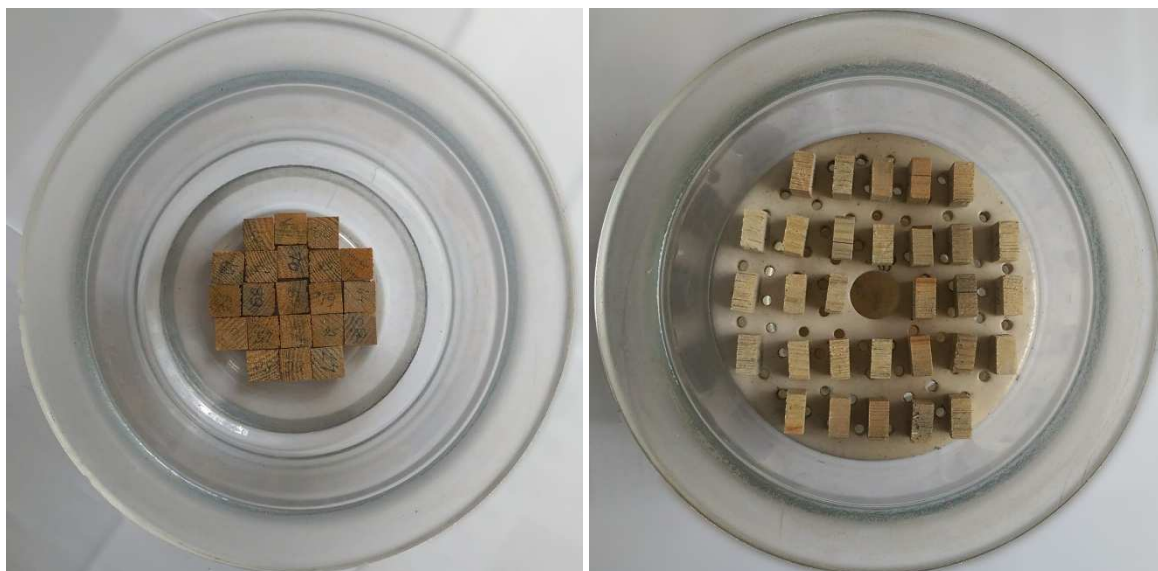
**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Дані щодо технічних властивостей ослабленої деревини з всихаючих деревостанів практично відсутні. Тому метою цієї роботи є визначення водо- й вологопоглинаючої здатності здорової та сухостійної деревини сосни різної давності всихання з лісостепової зони Київської та Житомирської областей України.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження кінетики водо- та вологопоглинання проводили на зразках сухостійної деревини, відібраної з соснових деревостанів давністю всихання до 1-го, до 2-х та до 3-х років з Київської та Житомирської областей, у порівнянні зі здоровою деревиною.

Випробування проводили відповідно до методик ГОСТ 16483.19-72 та ГОСТ 16483.20-72. Для кожного виду випробувань виготовляли зразки зі здорової та сухостійної деревини сосни різної давності всихання у формі прямокутної призми з розмірами основи 20×20 мм і довжиною вздовж волокон 10 мм. Всі дослідні одиниці висушували до абсолютно сухого стану та зважували.

Для визначення межі водопоглинання всі зразки закладались у ексикатор (рис. 3, а) під вставку, заливались дистильованою водою таким чином, щоб одна з пластей лишалась сухою та герметично закривали кришкою.

Для встановлення показника вологопоглинання було використано метод витримування дослідних одиниць у герметичному ексикаторі (рис. 3, б) над насиченим розчином соди ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Застосування розчину соди замість чистої води пояснюється тим, що над його поверхнею відносна вологість повітря становить 92 %, що зменшує можливість конденсації водяної пари при коливаннях температури під час експерименту.



а

б

Рис. 3. Зразки в ексикаторі для проведення експериментальних досліджень із визначення показників:

а – водопоглинання; б – вологопоглинання

Ексикатор розміщували в приміщенні з температурою навколишнього середовища  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  не менше ніж на 30 діб. Перше зважування проводили після витримки зразків протягом 2-х годин, наступні – через 1, 2, 3, 6, 9, 13, 20 діб і далі – через кожні 10 діб після першопочаткового зважування.

Отримана в процесі досліджень значна кількість статистичних даних (табл.), дозволила побудувати графіки кінетики процесів (рис. 4).

Таблиця

Результати визначення показників водопоглинання та вологопоглинання деревини сосни

Давність всихання деревостанів	Джерела даних	Водопоглинання, %	Вологопоглинання, %
До 1-го року	Експериментальні	154±16	20,0±0,9
До 2-х років		175±24	20,8±0,5
До 3-х років		191±10	21,4±0,5
Деревина без ознак всихання		170±5	19,8±0,8
	Довідкові за [1; 9]	185	24

Як видно з таблиці, водопроникна та вологопоглинаюча властивості сухостійної деревини сосни мають значну мінливість за давністю всихання, яка пояснюється життєдіяльними процесам деревинозабарвлюючих грибів (синяви).

Зменшення значення водопоглинання досліджуваних показників сухостійної деревини давністю усихання до 1-го року порівняно зі здоровою деревиною пояснюється тим, що на початковій стадії ураження гриби синяви викликають закупорення трахеїд смолянистими



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

сполуками. Подальша діяльність грибів пов'язана із розкладом легкокорозчинних поживних речовин у порожнинах клітин, що інтенсифікують процеси водо- та вологопоглинання в деревині, давністю всихання до 2-х років. Із розвитком мікологічних уражень у деревині, давністю всихання до 3-х років, спостерігається утворення перфорацій у мембранах облямованих пор, які сприяють кращому обміну рідини та вологи між клітинами.

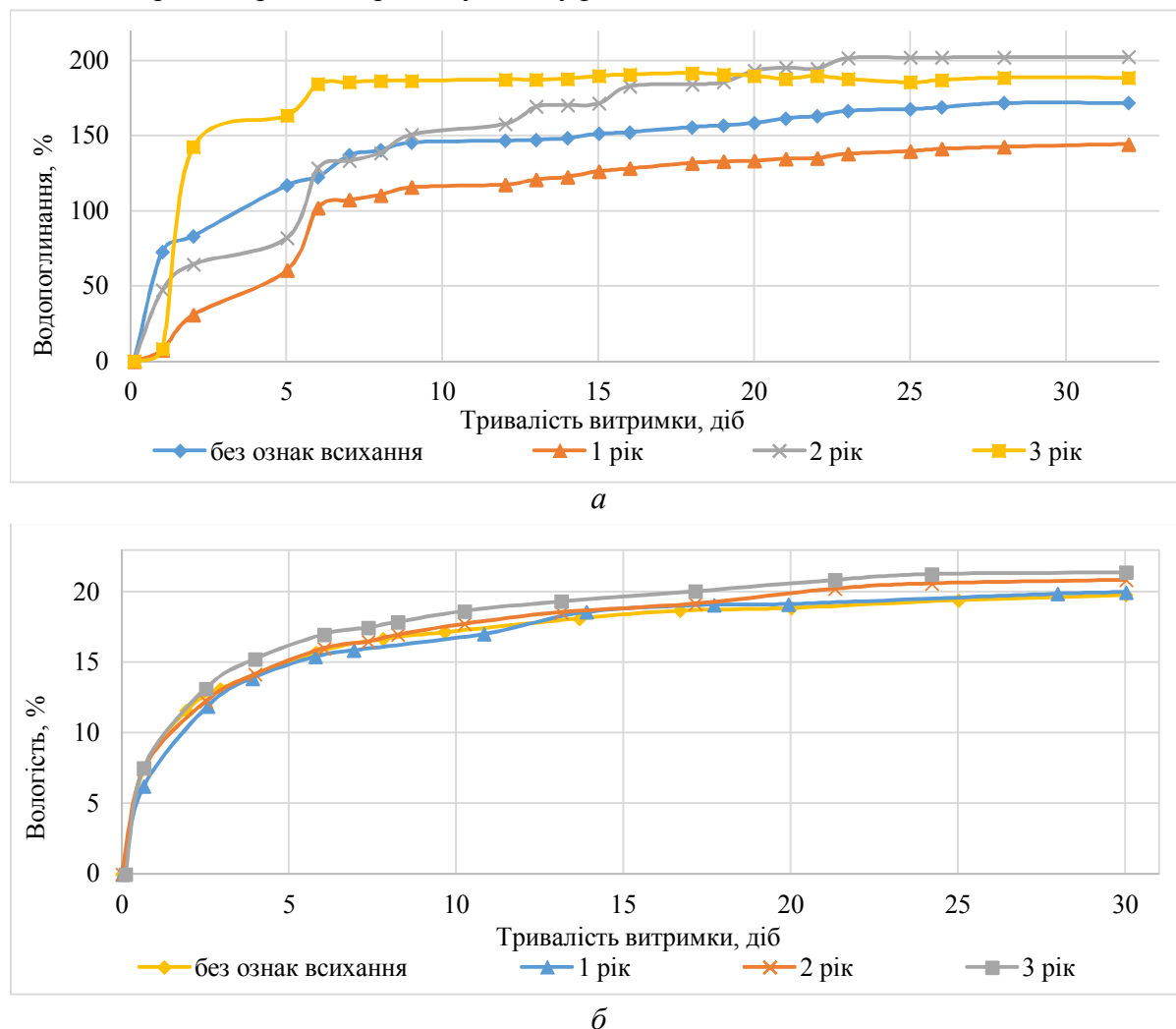


Рис. 4. Кінетика процесу:  
а – водопоглинання; б – вологопоглинання

З рис. 4 видно, що динаміка поглинання води та вологи має однаковий характер для всіх груп дослідних зразків як сухостійної, так і не ослабленої всиханням та не ураженої грибами деревини, і має явно виражену експоненціальну залежність на початку (5-6 діб) процесів.

Встановлено, що кінетика водопоглинання заболонної деревини вкладається в логарифмічну залежність, а регресійні рівняння процесу матимуть вигляд для деревини:

а) без ознак уражень –  $Y_{3д} = 30,257 \ln(x) + 70,483;$  (1)

б) усиханням до 1-го року –  $Y_{1р} = 30,879 \ln(x) + 39,303;$  (2)

в) усиханням до 2-х років –  $Y_{2р} = 40,788 \ln(x) + 60,64;$  (3)

г) усиханням до 3-х років –  $Y_{3р} = 36,28 \ln(x) + 86,389.$  (4)

Аналогічна ситуація спостерігається і для показника вологопоглинання:

а) без ознак уражень –  $Y_{3д} = 0,1269 \ln(x) + 5,700;$  (5)

б) усиханням до 1-го року –  $Y_{1р} = 0,139 \ln(x) + 6,464;$  (6)

в) усиханням до 2-х років –  $Y_{2р} = 0,121 \ln(x) + 5,478;$  (7)

г) усиханням до 3-х років –  $Y_{3р} = 0,1377 \ln(x) + 6,008.$  (8)

Така інтенсивність вологопоглинання пояснюється сорбцією парів внутрішньою поверхнею клітинних стінок і конденсацією пари в мікрокапілярах. По мірі насичення стінок клітин полімолекулярний шар води потовщується. Поглинання води поступово сповільнюється до межі гігроскопічності. У свою чергу поглинання води деревиною відбувається під дією капілярних сил. Подальше поглинання відбувається під дією градієнту вологості за рахунок дифузійного проникнення води через клітинні стінки трахеїд деревини. З перебігом процесу градієнт вологості зменшується [1].

**Висновки відповідно до статті.** Визначення показників водопоглинання та вологопоглинання не ослабленої всиханням і неуразеної грибами та сухостійної деревини сошни різної давності всихання дають можливість отримати залежності цих величин від тривалості перебігу процесу.

Проведені експериментальні дослідження підтвердили тенденцію до зростання та показників водо- та вологопоглинання зі збільшенням давності всихання такої деревини.

### Список використаних джерел

1. Боровиков А. М. Справочник по древесине: справочник / А. М. Боровиков, Б. Н. Уголев. – М. : Лесная пром-сть, 1989. – 296 с.
2. Владимирова Е. Г. Влияние термической модификации на некоторые физико-механические свойства древесины сосны (*Pinus sylvestris*) / Е. Г. Владимирова // Вестник Московского государственного университета леса «Лесной вестник». – 2011. – № 5 (81). – С. 97–102.
3. Горячев Н. Л. Микологически разрушенная древесина как сырье для композиционных пластиков и декоративных изделий : дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.21.05 / Горячев Никита Леонидович ; Московский государственный университет леса. – М., 2015. – 151 с.
4. ГСССД 69-84. Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 30 с.
5. Житомирське обласне управління лісового та мисливського господарства [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zt-lis.gov.ua/pres-sluzhba/novina/article/chomu-ginut-sosnovi-lisi>.
6. Исследование поражения поражения микроскопическими грибами образцов из сосны и LVL / С. И. Миронова, М. Б. Москалев, А. Л. Ковжина, Т. А. Серова // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 1 (48). – С. 145–152.
7. Кисельова А. В. Изменение водопоглощения древесины ядра сосны, поврежденной пожаром / А. В. Кисельова, Н. А. Пронин // Материалы «АННИ XXI века». – 2016. – № 5, ч. 2. – С. 287–290.
8. Мешкова В. Сосна всихає. Хто винен – нематоди, гриби чи жуки? [Електронний ресурс] / В. Мешкова // Всеукраїнський журнал «Лісовий вісник». – 2016. – № 2 (53). – Режим доступу : <http://lisvisnyk.com.ua/%D1%81%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%B0-%D0%B2%D1%81%D0%B8%D1%85%D0%B0%D1%94-%D1%85%D1%82%D0%BE-%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD-%D0%BD%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8-%D0%B3%D1%80%D0%B8-2>.
9. Серговский П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Технология деревообработки» / П. С. Серговский, А. И. Расев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.
10. Степина И. В. Взаимодействие с водой древесины сосны, модифицированной фенолборатами [Електронний ресурс] / И. В. Степина, О. А. Кляченкова // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. – 2013. – Вып. 4 (29). – Режим доступу : [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/StepinaKlyachenkova-2013\\_4\(29\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/StepinaKlyachenkova-2013_4(29).pdf).

### References

1. Borovikov, A. M., Ugolev, B. N. (1989). *Spravochnik po drevesyne: spravochnik [Wood Handbook: Handbook]*. Moscow: Lesnaia promyshlennost [in Russian].
2. Vladimirova, E. G. (2011). Vliianie termicheskoy modifikatsii na nekotorye fiziko-mekhanicheskie svoistva drevesiny sosny (*Pinus sylvestris*) [The effect of thermal modification on some of the physical and mechanical properties of pine wood (*Pinus sylvestris*)]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa Lesnoi vestnik – Bulletin of the Moscow State Forest University*, 5 (81), 97–102 [in Russian].

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

3. Goriachev, N. L. (2015). *Mikologicheski razrushennaya drevesina kak syriyo dlia kompozitsionnykh plastikov i dekorativnykh izdelii* [Mycologically degraded wood as raw material for composite plastics and decorative products]. (Candidate's thesis). Moscow [In Russian].
4. GSSSD 69-84. Drevesina. Pokazateli fiziko-mekhanicheskikh svoistv malykh chistykh obraz-tsov [GSSSD 69-84. Wood. Indicators of physical and mechanical properties of small pure samples.] (1985). Moscow: Izd-vo standartov [in Russian].
5. Zhytomyrske oblasne upravlinnia lisovoho ta myslyvskoho hospodarstva [Zhytomyr regional administration of forestry and hunting facilities]. Retrieved from <http://zt-lis.gov.ua/pres-sluzhba/novina/article/chomu-ginut-sosnovi-lisi>.
6. Mironova, S. I., Moskalev, M. B., Kovzhina, A. L., Serova, T. A. (2015). Issledovanie porazhe-niia mikroskopicheskimi gribami obraz-tsov iz sosny i LVL [Investigation of lesions with microscopic fungi of samples from pine and LVL]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Herald of Civil Engineers*, 1 (48), 145-152 [in Russian].
7. Kiselova, A. V., Pronin, N. A. (2016). Izmenenie vodopogloshcheniya drevesiny yadra sosny, povrezhdennoy pozharom [Change in water absorption of pine wood, damaged by fire]. *Materialy «ANNI XXI veka» – Materials «ANNI XXI century»*, 5 (2), 287–290 [in Russian].
8. Mieshkova, V. (2016). Sosna vsykhaie. Khto vinen – nematody, hryby chy zhuky? [Pine is dry. Who is to blame – nematodes, mushrooms or beetles?]. *Vseukrainskyi zhurnal «Lisovyi visnyk» – All-Ukrainian magazine «Forest Herald»*, 2 (53) [in Ukrainian].
9. Sergovskii, P. S., Rasev, A. I. (1987). *Gidrotermicheskaya obrabotka i konservirovanie drevesiny: uchebnik dlia studentov vuzov, obuchaiushchikhsia po spetsialnosti «Tekhnologii derevoobrabotki»* [Hydrothermal processing and preservation of wood: a textbook for university students studying in the specialty «Technology of woodworking»]. Moscow: Lesnaia promyshlennost [in Russian].
10. Stepina, I. V., Kliachenkova, O. A. (2013). Vzaimodeistvie s vodoi drevesiny sosny, modifitsi-rovannoi fenilboratami [Interaction with water of pine wood modified with phenylborates]. *Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Politematicheskaja – Internet-bulletin of VolgGASU. Ser.: Polythematical*, 4 (29). Retrieved from [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/StepinaKlyachenkova-2013\\_4\(29\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/StepinaKlyachenkova-2013_4(29).pdf).

UDC 674.038

Nataliia Marchenko, Serhii Novytskyi, Denys Zavialov

## FEATURES OF KINETICS OF WATER AND MOISTURE ABSORPTION OF SCOTCH PINE DEADWOOD

**Urgency of the research.** During the last years the drying of coniferous woodlands has become significant, which has resulted in the growth of timber harvesting, the volume of so-called "dead" wood, one of the sign of it is the damage wood-staining fungi. Therefore, the question arose about the effective and rational use of such wood in industry. Investigation of the water and moisture absorption of such wood will facilitate the search for rational ways of its use.

**Target setting.** Absence of woodworking characteristics of *Pinus sylvestris* L. deadwood.

**Actual scientific researches and issues analysis.** A considerable number of scientific papers are devoted to the study of water absorption and moisture absorption of *Pinus sylvestris* L. without signs of mycological lesions and drying [4-6], but there are quite a few experimental data on deadwood.

**Uninvestigated parts of general matters defining.** Absence of data on water and moisture absorption rates of deadwood of *Pinus sylvestris* L. from woodlands with different limitation of drying.

**The research objective.** The purpose of this work is to study the kinetics of water and moisture absorption of *Pinus sylvestris* L. deadwood.

**The statement of basic materials.** Determination of water and moisture absorption indices was carried out in accordance with the methodology of GOST 16483.19-72 and GOST 16483.20-72 on samples of wood, selected from coniferous stands (*Pinus sylvestris* L.), the limitation of drying from the 1st to the 3rd years of the Kiev and Zhytomyr regions, in comparison with healthy wood.

**Conclusions.** The tendency to increase the rates of water absorption and moisture absorption with the increase of the limitation of drying of *Pinus sylvestris* L. wood is confirmed.

**Keywords:** *Pinus sylvestris* L.; limitation of drying; wood-staining fungi; mycological lesions.

Tabl.: 1. Fig.: 4. References: 10.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

**Марченко Наталія Валентинівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій та дизайну виробів з деревини, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, 03041, Україна).

**Marchenko Nataliia** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Department Technology and Design of Wood Products, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., 03041 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** nv\_marchenko@ukr.net

**Новицький Сергій Володимирович** – аспірант кафедри технологій та дизайну виробів з деревини, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, 03041, Україна).

**Serhii Novytskyi** – PhD student, Department Technology and Design of Wood Products, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., 03041 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** s.v.novitsky@gmail.com

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-7849-0212>

**ResearcherID:** N-1388-2018

**Зав'ялов Денис Лазарович** – аспірант кафедри технологій та дизайну виробів з деревини, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, 03041, Україна).

**Denys Zavyalov** – PhD student, Department Technology and Design of Wood Products, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., 03041 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** lazarovuch@ukr.net

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9532-0060>