



УДК 630.43:630.231
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.27>

СТАН МОЛОДНЯКІВ СОСНИ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ ПІСЛЯ НИЗОВОЇ ПОЖЕЖИ

Є. Є. Мельник¹, С. Г. Сидоренко², О. Б. Бондар³, Л. О. Бицюра⁴, І. М. Коваль⁵

Дослідження зміни стану соснових молодняків природного походження після низової пожежі є актуальним, адже такі дані суттєво розширяють розуміння постпірогенного поновлення сосни та його якості. Також такі дослідження є теоретичною базою для подальшого вивчення впливу низових пожеж на самосійні соснові ліси та обґрунтування лісгосподарських заходів у них. Природне поновлення відіграє важливу роль у відтворенні та збереженні лісів зелених зон міста, дозволяє формувати більш стійкі насадження. Дані дослідження допомагають оперативно ухва-

¹ кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник сектору екології лісу
(Український орден «Знак пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісо-
меліорації імені Г. М. Висоцького, м. Харків)

e-mail: wudckij@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9821-2751

² кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник,
завідувач сектору екології лісу

(Український орден «Знак пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісо-
меліорації імені Г. М. Висоцького, м. Харків)

e-mail: serhii88sido@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5972-0067

³ кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри екології та охорони здоров'я
(Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)

e-mail: olexandr.bondar91@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3448-8943

⁴ кандидат економічних наук,
завідувач кафедри екології та охорони здоров'я
(Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)

e-mail: l.bytsyura@wunu.ua

ORCID: 0000-0002-9476-011X

⁵ доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник сектору екології лісу
(Український орден «Знак пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісо-
меліорації імені Г. М. Висоцького, м. Харків)

e-mail: Koval_Iryna@ukr.net

ORCID: 0000-0001-6328-1418

лювати рішення щодо проведення санітарних заходів після пожежі на подібних ділянках та забезпечувати збереження пошкоджених вогнем дерев. На території зеленої зони кожне збережене дерево відіграє важливу роль у забезпеченні комфортного життя міського населення та наданню низки екосистемних послуг. Вивчення динаміки стану у подібних за віком, але різних за Класами Крафта (КК) дерев, дозволить аналізувати та прогнозувати можливі економічні та екологічні втрати в результаті впливу низової пожежі.

Метою роботи є встановлення впливу низової пожежі на зміни стану та всихання соснових молодняків природнього походження.

Для аналізу термального впливу від низової пожежі на окремі дерева було використано висоту нагари на стовбурі та «відносну висоту нагари», враховуючи ступінь розвитку кожного конкретного дерева за Класом Крафта. Для кожного дерева заміряли основні таксаційні показники: діаметр, висоту і санітарний стан. Виявлено основні ознаки пошкодження вогнем, проведено їх оцінку та зміни через кілька місяців після пожежі. За допомогою кореляційного аналізу визначено ступінь і напрямок зв'язку між погіршенням стану деревостану та збільшенням частки всихання дерев. Для визначення впливу пожежі було виміряно та порівняно 59 дерев на площі 0,0021 га. Чисті соснові молодняки на ПП (пробна площа) мають вік 10 років та зростають в умовах свіжого субору (B_2), але при цьому перебувають у різному ступені розвитку в результаті природньої диференціації.

Встановлено, що найбільш сильно постраждали відсталі у рості та розвитку дерева (IV та V КК). У даному випадку всихання відбулося майже повністю (від 80 до 100%), навіть за мінімальних пошкоджень вогнем. Таким чином низова пожежа прискорила процес природного зрідження у сосновому молодняку. На противагу цьому аналіз зміни післяпожежного стану домінуючих і судомінатних дерев (I та II КК) виявив їх більшу стійкість до пошкодження та може бути використано для раціонального планування лісгосподарських заходів. Порівняння цієї ділянки з контрольною не пошкодженою пробною площею засвідчило, що на контролі навіть сильно відсталі у рості та розвитку дерева (IV та V КК) мають санітарний стан в основному на рівні «сильно ослаблені».

Дані дослідження зміни стану та всихання допомогли встановити чіткі кореляційні залежності зміни даних показників від «відносного нагару», внаслідок весняної низової пожежі.

Ключові слова: лісова пожежа, *Pinus Silvestris L.*, вплив поверхневої пожежі, зелена зона, післяпожежні наслідки.

FOREST HEALTH DYNAMICS IN DAMAGED BY SURFACE FIRE YOUNG PINE STANDS THAT HAVE NATURAL ORIGIN

Ye. Ye. Melnyk, S. H. Sydorenko, O. B. Bondar, L. O. Bytsiura, I. M. Koval

The study of trees health changes in after a surface fire is relevant, because such data will significantly expand the understanding of post-pyrogenic growth and development of pine's natural regeneration and its quality. In addition, such studies are forming a theoretical basis for further study of the impact of surface fires on pine forests and justification of forestry treatments in such stands. Natural regeneration plays an important role in the reproduction and preservation of the forests of the city's green areas, allowing for the formation of more sustainable plantations. These researches help to make management decisions about carrying out forestry treatments after a fire (such as salvage logging) and to ensure the preservation of fire-damaged trees. On the territory of the green zone, each preserved tree plays an important role in ensuring the comfortable life of the urban population and providing a number of ecosystem services. The study of the dynamics of the sanitary condition of trees similar in age, but different in Kraft Classes (KC), will allow to better forecast possible economic and ecological losses as a result of the post-fire tree mortality.

The aim of the work is to determine the effect of surface fire on changes in the health condition and post-fire mortality of young pines with the natural origin.

To analyze the effect of thermal impact from the surface fire on individual trees, char height on the trunk and "relative char height", were taking into account as well as the degree of development of each particular tree according to the Kraft Class. For each tree, the main forestry indicators were measured: diameter, height and sanitary condition. The main signs of fire damage were identified, their assessment and changes were carried out several months after the fire. Correlation analysis shows that the tree mortality had significant positive relation with char height and a negative one with tree size (DBH and KC). To determine the impact of the fire, trees on an sampling plot were measured and compared.

Pure pine stand on sampling plots (damaged and control) were 10 years old and grow in B_2 soil conditions.

It has been established that the most severely affected were trees with retardation in the growth and development (IV and V KC). In this case, tree mortality reached 80 to 100%, even with minimal fire damage. In this way, the surface fire accelerated the process of natural liquefaction in young pine trees. In contrast, the analysis of the post-fire forest health changes of dominant and co-dominant trees (I and II KC) revealed their greater resistance to damage and can be used for rational planning of forestry activities. A comparison of this area with the control (undamaged) sampling plot proved that even severely retarded trees in growth and development (IV and V KC) have a sanitary condition mainly at the level of "severely weakened".

Data from the study of changes in state and drying helped to establish clear correlational dependences of the change of these indicators on "relative soot" because of a spring lowland fire.

Key words: forest fire, *Pinus Silvestris L.*, surface fire impact, green zone, post fire mortality.

Вступ

Ліси у межах зелених зон великих міст відіграють в першу чергу важливу роль у забезпеченні цілої низки екосистемних та рекреаційних послуг (Мішенін і Олійник, 2010), тобто беруть на себе такі функції як очищення повітря та води, регулювання кліматичних процесів, вони мають ґрунтозахисне та водоохоронне значення та є місцем відпочинку для міського населення (Симбурова & Barton, 2020; Emily et al., 2020; Lin et al., 2021). Тому в зелених зонах охорона та збереження фактично кожного дерева у лісі має в першу чергу екологічну та соціальну значимість. Основною особливістю лісу є те, що він складається з великої сукупності деревних рослин, які досить щільно розташовані на площі і тісно взаємодіють між собою (Олійник і Вітер, 2011). Це в свою чергу призводить до активізації процесів боротьби за існування та природний добір вже починаючи з молодого віку. У конкурванні з іншими деревами у насадженні, в першу чергу виживають деревні рослини з кращою спадковістю, та ті які потрапили в найбільш сприятливі умови (Швиденко і Остапенко, 2001; Олійник і Вітер, 2011). Вплив антропогенних та природних чинників здатний суттєво прискорити або сповільнити ці процеси. Одним із таких чинників є лісові пожежі низові пожежі, вплив яких проявляється у швидкому погіршенні санітарного стану дерев або повної загибелі насаджень (Menges & Deyrup, 2001; Ворон та ін., 2021).

У наших дослідженнях зроблено порівняння та встановлено особливості впливу вогню та його наслідків для молодих соснових лісів природнього походження.

Подібні дослідження вже проводилися для соснових молодняків у лісах зеленої зони міста Харків, але в основі є вивчення впливу на молоді насадження штучного походження, що зазвичай є в більш сприятливих

умовах для росту та розвитку через певні схеми посадки та систематичні прорідження (Гордієнко і Гузь, 2005). Вже тоді було доведено наскільки сильно впливає пожежа на молоді насадження та призводить до помітної дефоліації та дехромації крони, але при цьому виявлено закономірності які саме дерева та за яких пошкоджень мають найбільше шансів на збереження та відновлення як одразу після пожежі, так і через період в кілька років (Ворон та ін., 2013; Коваль та ін., 2018; Sydorenko et al., 2021).

Матеріал і методи

На території лісового урочища зеленої зони міста Кременчук закладено ділянка площею 0,0021 га після пошкодження весняною низовою пожежею у 2023 році. Схема-карта розташування досліджуваної ділянки та її GPS координати і площа ділянки (49°06'36.4»N 33°23'48.4»E) показано на рис 1.

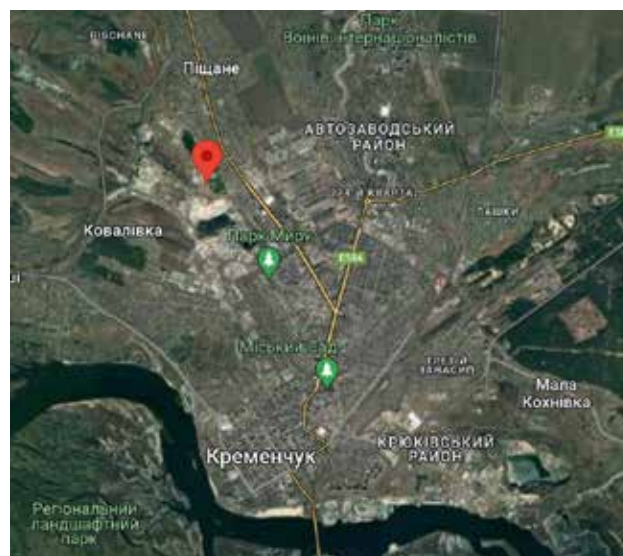


Рис. 1. Схема-карта розташування досліджуваної ділянки у межах зеленої зони міста Кременчук та GPS координати (49°06'36.4»N 33°23'48.4»E) (Google Maps)

Основні таксаційні показники дерев визначено згідно стандартних таксаційних методів (Гром, 2010; Ворон та ін., 2021). Діаметр стовбура виміряно на висоті грудей дерева за допомогою мірної вилки, висота дерева за допомогою висотоміра Анучіна. Виміряно ширину крони та частку живої хвої, а також встановлено відсоток дехромації крони (%) та дефоліації (втрата хвої крони, %). Після цього отримані значення були введені у програму Excel та пораховано середні арифметичні значення.

Стан дерев оцінювали відповідно до рекомендацій УкрНДІАГА (Ворон та ін., 2021) за візуальними ознаками, при цьому враховуючи особливості впливу негативних факторів (Ворон, 2011; Ворон та ін., 2021). Основними ознаками для визначення стану було такі наслідки пошкодження як дефоліація (втрата хвої та листя), а також дехромація (зміна кольору) крон дерев. Ці показники покладено в основу визначення нами ступеня пошкодження досліджуваних деревостанів, що характеризується індексом санітарного стану Іс.

Для порівняння різного ступеня впливу вогню у результаті пожеж та зміни стану у різних групах дерев за Класом Крафта використано середньозважений показник Іс. Його визначають за формулою (1):

$$I_c = \frac{K_1 \cdot n_1 + K_2 \cdot n_2 + \dots + K_6 \cdot n_6}{N}, \quad (1)$$

де Іс – індекс стану деревостану;

$K_1 \dots K_6$ – категорія стану дерев (від I до VI);

$n_1 \dots n_6$ – кількість дерев даної категорії стану;

N – загальна кількість врахованих на ПП дерев.

Для діагностики пошкодження кожного дерева визначено висоту нагару на стовбурі. На основі даного значення розраховано такий показник як «Відносна висота пошкодження», тобто відношення висоти нагару до висоти дерева за формулою 2 (Ворон та ін., 2021).

$$H_{\text{відн.}} = (H_{\text{наг.}} / H_{\text{дер.}}) 100 \%, \quad (2)$$

де $H_{\text{дер.}}$ – висота дерева, м;

$H_{\text{наг.}}$ – середня висота нагару на дереві, м.

Для виявлення закономірностей зміни стану та всихання виконано кореляційний аналіз для встановлення зв'язку між зміною стану дерев та ступенями пошкодження.

Відомо, що вже в молодому віці, у процесі змикання крон дерев, починається взаємне витіснення, конкуренція, боротьба за

життєвий простір (Гордієнко і Гузь, 2005; Олійник і Вітер, 2011). Так і на досліджуваній нами ділянці одні дерева були більш розвинуті та характеризувалися значно кращим ростом, інші були помітно відсталіші в рості і виглядали сильно ослабленими. У зв'язку з цими відмінностями проведено порівняння дерев не лише за основним таксаційними ознаками, але й згідно класифікації німецького лісівника Густава Крафта, що була розроблена у 1884 р. (Олійник і Вітер, 2011). За цією класифікацією всі дерева об'єднано у певні групи, основними ознаками для віднесення дерев до тієї чи іншої групи, слугують характер крони, відносна висота (ріст) дерева, його становище серед сусідніх дерев. Користуючись наведеними ознаками, Крафт поділив всі дерева на 5 класів. Перші три класи (I «предомінуючі», II-«домінуючі», III-«субдомінуючі, тобто помірно розвинуті дерева») відносяться до першої групи, останні два (IV «пригнічені дерева, з ослабленим ростом, але ще життєдіяльні» і V «відмираючі та мертві дерева») – до другої групи. Саме таке порівняння проведено і в нашій роботі та встановлено наскільки негативно відреагували на пошкодження вогнем різної інтенсивності дерева того чи іншого класу Крафта.

Результати та обговорення

Досліджувані дерева природнього походження знаходилися під материнським пологом лише частково. Фактично середньовікові дерева затіняли лише частину пробної площі – з південно-західного напрямку. Тому спостерігається не рівномірний ступінь розвитку подібних за віком дерев (рис. 2).

Для досліджень впливу пожежі було виміряно та порівняно 59 дерев зростаючих на відносно невеликій ділянці площею 0,0021 га. Досліджені молодняки представляють собою чисті одновікові соснові (10С) насадження, що ростуть у природних умовах свіжого субору (B_2), але мають різний ступінь розвитку в результаті природньої конкуренції (Класи Крафта).

На фото (див. рис. 2) також помітні відмінності у наслідках впливу вогню одразу після пожеж (пожовтіння хвої через процес дехромації) та вже через значний період, понад один рік – втрата значної частини хвої та всихання частини дерев.

Основні таксаційні показники та розподіл дерев за категоріями стану досліджуваної ділянки приведено в таблиці 1. Середній діаметр дерев (D сер) на досліджуваній ділянці склав – 3,7 см, а середня висота (H



Через кілька днів після пожежі 11.04.2023



Через рік після пожежі 01.03.2024

Рис. 2. Результати впливу вогню на зміни стану дерев (дефоліація та дехромація) в різні періоди після пожежі

сер) – 2,5 м, при цьому показник по середній висоті нагару досить високий 0,65 м, тобто пожежу можна вважати середньої інтенсивності.

Розподіл дерев за категоріями стану одразу після пожежі показав, що основна частина дерев відносилася до 4 категорії стану (Всихаючі), що виражалася у помітному пожовтінні хвої (див. рис. 2 та табл. 1).

Так, найбільш сильно пошкоджені відсталі у рості та розвитку дерева (IV та V КК), практично всі загинули внаслідок пожежі (від 80 до 100%). Тобто в більшості випадків мало місце повне всихання дерев навіть за мінімальних пошкоджень вогнем. Варто зазначити, що процес всихання дерев цієї групи є природним та він відбувся б у подальші роки в результаті природного зрідження. Аналіз зміни післяпожежного стану доміантних дерев може бути використано для кращого планування лісогосподарських заходів в подібних соснових насадженнях після впливу низової пожежі, адже за результатами наших досліджень вони є більш стійкими до впливу пожежі.

На наступний рік після пошкодження пожежею встановлено залежність всихання

від такої величини пошкодження стовбура дерева як «відносного нагару». Виявлено, що при показнику більшому за 20% значна частина дерев вже має серйозні пошкодження, що ведуть до всихання (5 КС). Критичним рівнем такого пошкодження стовбура є показник 40% і більше, фактично при цьому рівні пошкодження всі дерева віднесено до свіжого (5 КС) та старого сухостою (6 КС) (рис. 3).

У результаті порівняння середніх показників зміни стану дерев (Iс) та середньозваженої частки всихання дерев в залежності від відносної висоти нагару (Дефоліація та Дехромація) для груп дерев з різним ступенем пошкодження встановлено, ще більш тісні кореляційні залежності як зміни стану ($R^2=0.93$) (рис. 4) так і відсотку всихаючих дерев ($R^2=0.90$) (рис. 5) від величини «відносного нагару» на стовбурі. Також визначено критичні значення ступеня пошкодження вогнем за рахунок даного показника, при яких наслідки впливу вогню призводять до повної загибелі дерев, тобто при пошкодженнях більше 40% стовбура.

Аналіз середніх індексів стану Iс та відсотку всихання для груп дерев різних за Класом

Таблиця 1

Основні таксаційні показники деревостану досліджуваної ділянки та розподіл за категоріями стану через різний період після пожежі

D сер	H сер	H наг. сер	Iс	Дата заміру	Категорії стану					
					1	2	3	4	5	6
3,7	2,54	0,65	4,26	11.04.23	0,0	3,4	30,1	41,2	22,5	2,8
				04.03.24	0,0	3,4	32,2	11,9	30,5	22,0

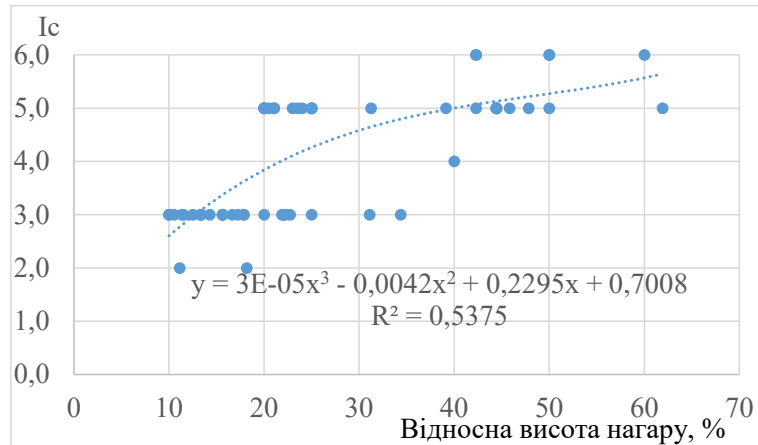


Рис. 3. Індекс стану окремих дерев на досліджуваній ділянці при різному ступені пошкодження вогнем (в залежності від відносної висоти нагару)

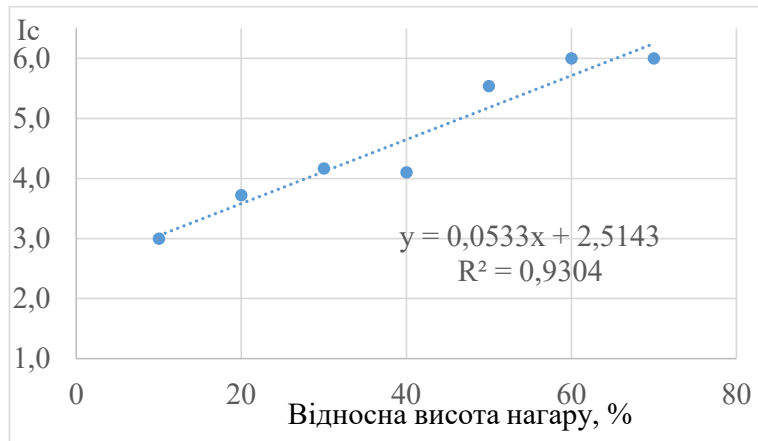


Рис. 4. Середні зміни стану дерев (Ic) в залежності від відносної висоти нагару для груп дерев з різним ступенем пошкодження (Н відн)

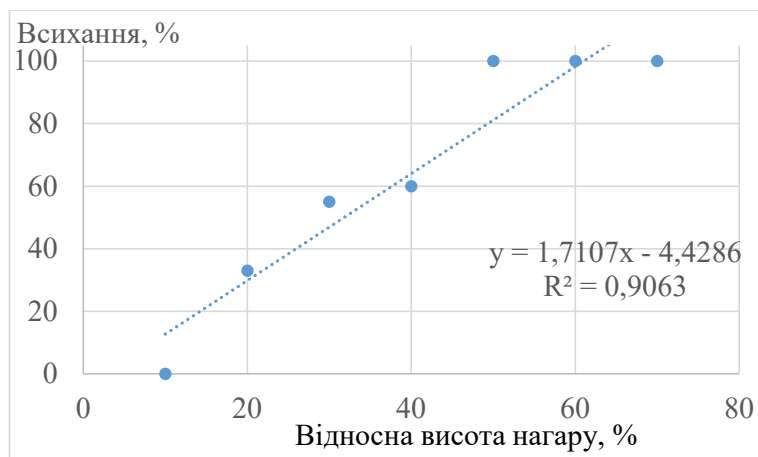


Рис. 5. Середній відсоток всихання в залежності від відносної висоти нагару для груп дерев з різним ступенем пошкодження (Н відн)

Крафта, виявив, що фактично за низових пожеж середньої інтенсивності (навіть до 1,5 м) відсталі у рості та розвитку дерева фактично не мають шансів на виживання (рис. 6). Навіть дерева третьої категорії КК (помірно розвинуті дерева «субдомінуючі»)

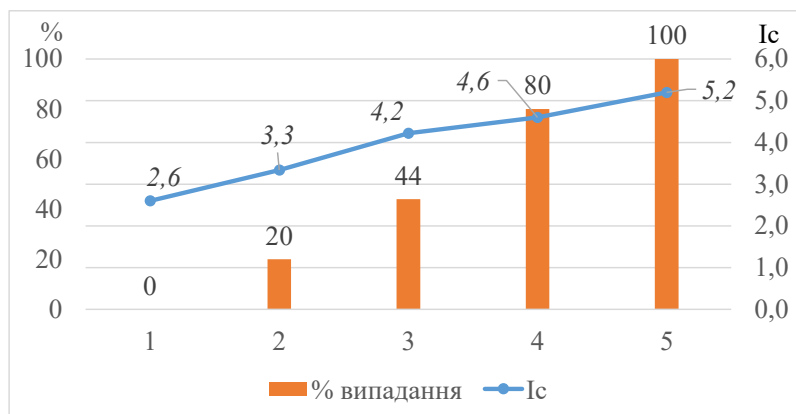


Рис. 6. Середній Iс та частка всихання для груп дерев різних за Класом Крафта

сильно постраждали через пошкодження низовою пожежею середньої інтенсивності ($H_{\text{нар}} 0,65$ м) та мають Iс стану – 4,2 з часткою всихання майже 44%. Лише добре розвинуті дерева I та II КК «предомінуючі» та «домінуючі» мали Iс від 2,6 до 3,3, тобто і найбільші шанси на подальший ріст та розвиток. Але при цьому для дерев II КК всихання склало 20%. Лише серед дерев I КК не відмічено загибелі жодного з дерев, а санітарний стан був у межах 2–3 категорії. Загальна кількість «предомінуючих» та «домінуючих» дерев на досліджуваній ділянці була незначною. Така інформація може бути корисна не лише у призначенні після пожежних санітарних заходів, але й у правильному плануванні можливих контрольованих палів у майбутньому.

Висновки

Встановлено, що найбільш сильно постраждали відсталі у рості та розвитку дерева (IV та V КК). У даному випадку всихання відбулося майже повністю (80–100%),

навіть за мінімальних пошкоджень вогнем. Таким чином низова пожежа прискорила процес природного зрідження у сосновому молодняку. На противагу цьому аналіз зміни післяпожежного стану домінуючих і судомінуючих дерев (I та II КК) виявив їх більшу стійкість до пошкодження. Саме це може бути використано для раціонального планування лісгосподарських заходів в подібних насадженнях. Порівняння цієї ділянки з контрольною не пошкодженою пробною площею засвідчило, що на контролі навіть сильно відсталі у рості та розвитку дерева IV КК мають задовільний санітарний стан, а дерева V КК в основному ще живі.

Перспективи подальших досліджень впливу пожеж на стан соснових молодняків природного походження та вивчення їх подальшого росту та розвитку залишається актуальною проблемою. У подальшому планується розширити дослідження на ділянки самосійних хвойних лісів та впливу низових пожеж на їх стан та розвиток.

Список використаної літератури

- Ворон В.П., Сидоренко С.Г., Мельник Є.Є. Динаміка стану соснових молодняків після низової пожежі. *Лісівництво і агролісомеліорація* 2013. Вип. 123. С. 170–177.
- Ворон В.П., Коваль І.М., Сидоренко С.Г., Мельник Є.Є., Ткач О.М., Борисенко В.Г., Тимошук І.В., Бологов О.Ю. Пірогенна трансформація лісів України. Харків: ТОВ Планет-Прінт, 2021. 286 с.
- Ворон В.П. Наукові основи діагностики антропогенного пошкодження лісових екосистем. *Лісовий журнал*. 2011. № 1. С. 24–28.
- Гордієнко М.І., Гузь М.М., Дебринюк Ю.М., Маурер В.М. Лісові культури. Львів: Камула, 2005. 608 с.
- Гром М.М. Лісова таксація: підруч. для студ. вищ. навч. закладів. Львів: РВВ НАТУ, 2010. 416 с.
- Коваль І. М., Сидоренко С. Г., Невмивака М. О. Післяпірогенний розвиток молодого соснового насадження в Лісостепу. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2018. Вип. 30. С. 123–129.

- Мішенін Є.В., Олійник Н.В. Розвиток ринку екосистемних послуг як напрямок посткризового зростання економіки України. *Механізм регулювання економіки*. 2010. № 3. Т.3. С. 104–116.
- Олійник В.С., Вітер Р.М.. Лісознавство: курс лекцій. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. 264 с.
- Швиденко А.Й., Остапенко Б.Ф. Лісознавство: підручник. Чернівці: Зелена Буковина, 2001. 352 с.
- Cimburova Z., Barton D.N. The potential of geospatial analysis and Bayesian networksto enable i-Tree Eco assessment of existing tree inventories. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2020. Vol. 55. 126801. P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126801>.
- Emily R., Francesco P., Basu A.S., Basu B. Investigating the effect of trees on urban quality in Dublin by combining air monitoring with i-Tree Eco model. *Sustainable Cities and Society*, 2020. Vol. 61. 102356, P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102356>.
- Google Maps [Електронний ресурс] URL: <https://maps.app.goo.gl/Wyw1JsLZaYTCuhVt9> (дата звернення 10.03.2024).
- Lin J., Kroll C.N., Nowak D.J. An uncertainty framework for i-Tree eco: A comparative study of 15 cities across the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2021. Vol. 60. 127062. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127062>.
- Sydorenko S., Voron V., Koval I., Sydorenko S., Rumiantsev M., Hurzhii R.. Postfire tree mortality and fire resistance patterns in pine forests of Ukraine. *Central European Forestry Journal*. 2021. Vol. 67. P. 21–29. <https://doi.org/10.2478/forj-2020-0029>.
- Menges E. S., Deyrup M. A. Postfire survival in south Florida slash pine: interacting effects of fire intensity, fire season, vegetation, burn size, and bark beetles. *International Journal of Wildland Fire*. 2001. Vol. 10 № 1. P. 53–63 <https://doi.org/10.1071/WF01009>.

References (translated & transliterated)

- Voron, V.P., Sydorenko, S.H. & Melnyk, Ye.Ye. (2013). Dynamika stanu sosnovykh molodniakiv pislia nyzovoi pozhezhi [Dynamics of the state of young pines after a lowland fire]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia [Forestry and Forest Melioration]*, 123, 170–177 [in Ukrainian].
- Voron, V.P., Koval, I.M., Sydorenko, S.H., Melnyk, Ye.Ye., Tkach, O.M., Borysenko, V.H., Tymoshchuk, I.V., & Bolohov, O.Yu. (2021). Pirohenna transformatsiia lisiv Ukrainy [Pyrogenic transformation of forests of Ukraine]. Kharkiv: TOV Planet-Print [in Ukrainian].
- Voron, V.P. (2011). Naukovi osnovy diahnozyky antropohennoho poshkodzhennia lisovykh ekosystem [Scientific base of diagnostics of anthropogenic damage of forest ecosystems]. *Lisovyi zhurnal [Forestry Journal]*, 1, 24–28 [in Ukrainian].
- Hordiienko, M.I., Huz, M.M., Debryniuk, Yu.M., & Maurer, V.M. (2005). Lisovi kultury [Forest crops]. Lviv: Kamula [in Ukrainian].
- Hrom, M.M. (2010). Lisova taksatsiia: pidruch. [Forest Taxation]. Lviv: RVV NLTU [in Ukrainian].
- Koval, I.M., Sydorenko, S.H., & Nevmyvaka, M.O. (2018). Pislipirohennyi rozvytok molodoho sosnovoho nasadzhennia v Lisostepu [Postpyrogenic development of young pine stand in Forest-steppe]. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neoekologii [Man and Environment. Issues of Neoecology]*, 30, 123–129 [in Ukrainian].
- Mishenin, Ye.V., & Oliinyk, N.V. (2010). Rozvytok rynku ekosystemnykh posluh yak napriamok postkryzovoho zrostannia ekonomiky Ukrainy [The development of the ecosystem services market as a direction of the post-crisis growth of the Ukrainian economy]. *Mekhanizm rehulivannia ekonomiky [Mechanism of Economic Regulation]*, 3 (3), 104–116 [in Ukrainian].
- Oliinyk, V.S., & Viter, R.M. (2011). Lisoznavstvo: kurs lektsii [Forestry: Lecture course]. Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte [in Ukrainian].
- Shvydenko, A.I., & Ostapenko, B.F. (2001). Lisoznavstvo: Pidruchnyk [Forestry: textbook]. Chernivtsi: Zelena Bukovyna [in Ukrainian].
- Cimburova, Z., & Barton, D.N. (2020). The potential of geospatial analysis and Bayesian networksto enable i-Tree Eco assessment of existing tree inventories. *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 126801, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126801> [in English].
- Emily, R., Francesco, P., Basu, A.S., & Basu, B. (2020). Investigating the effect of trees on urban quality in Dublin by combining air monitoring with i-Tree Eco model. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102356, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102356> [in English].
- Google Maps [Electronic resource] URL: <https://maps.app.goo.gl/Wyw1JsLZaYTCuhVt9> (access date 10.03.2024) [in English].

Lin, J., Kroll, C.N., & Nowak, D.J. (2021). An uncertainty framework for i-Tree eco: A comparative study of 15 cities across the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 60, 127062, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127062> [in English].

Sydorenko, S., Voron, V., Koval, I., Sydorenko, S., Rumiantsev, M., & Hurzhii, R. (2021). Postfire tree mortality and fire resistance patterns in pine forests of Ukraine, 2021. *Central European Forestry Journal*, 67, 21–29. <https://doi.org/10.2478/forj-2020-0029> [in English].

Menges, E.S., & Deyrup, M.A. (2001). Postfire survival in south Florida slash pine: interacting effects of fire intensity, fire season, vegetation, burn size, and bark beetles. *International Journal of Wildland Fire*, 10 (1), 53–63. <https://doi.org/10.1071/WF01009> [in English].

Отримано: 15.04.2024
Прийнято: 23.04.2024