
ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.06:614.84(477)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.6-63.34>

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ З УРАХУВАННЯМ КЛІМАТИЧНИХ, АНТРОПОГЕННИХ ТА ВОЄННИХ ДЕТЕРМІНАНТІВ

Герасимчук Д. О.¹, Герасимчук Л. О.², Валерко Р. А.¹, Пацев І. С.³, Кириленко Н. П.²

¹ Відокремлений підрозділ «Науковий ліцей»
Державного університету «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

² Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

³ Національний транспортний університет
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ
gerasim4uk@ukr.net

У статті здійснено комплексний аналіз екологічних ризиків лісових пожеж в Україні з урахуванням кліматичних, антропогенних і воєнних детермінантів, що визначають сучасну динаміку та інтенсивність пожежних процесів. Обґрунтовано, що традиційні підходи до оцінювання пожежної небезпеки, орієнтовані переважно на підрахунок кількості загорянь, не дозволяють адекватно відобразити масштаби впливу пожеж та їхні екологічні наслідки. Підкреслено необхідність переходу до багатофакторного аналізу, який враховує структуру, інтенсивність, площу поширення та економічні збитки як інтегральні показники ризику. Розкрито, що кліматичні зміни, зокрема підвищення температури, збільшення тривалості посушливих періодів і зниження вологості, істотно підсилюють пожежну небезпеку та сприяють формуванню умов для масштабних пожеж. Антропогенний вплив, включаючи нераціональне лісокористування, порушення природних режимів, накопичення горючих матеріалів і недосконалість системи попередження пожеж, посилює інтенсивність їх розвитку. Особливу увагу приділено впливу воєнних дій, які спричиняють різке зростання кількості ландшафтних пожеж, збільшення площ вигорілих територій, ускладнення доступу до осередків горіння та обмеженість можливостей оперативного реагування. Воєнний фактор вперше розглядається як повноцінна детермінанта пожежної небезпеки на національному рівні.

Методологічну основу дослідження становлять кореляційний аналіз, χ^2 -тестування та візуалізаційні методи, що дали змогу виявити сильний зв'язок між площею пожеж і розміром збитків та слабкий – між кількістю загорянь і їх наслідками. Визначено, що ключовим фактором збитків є масштаб, а не частота пожеж. Отримані результати створюють підґрунтя для вдосконалення систем моніторингу, прогнозування та управління ризиками, оптимізації планування профілактичних заходів, визначення пріоритетних зон небезпеки та підвищення екологічної стійкості лісових екосистем в умовах кліматичних і воєнних викликів. *Ключові слова:* лісові пожежі, екологічні ризики, кліматичні детермінанти, антропогенний вплив, воєнні дії, пожежна небезпека, статистичний аналіз.

Environmental risks of forest fires in ukraine considering climatic, anthropogenic, and warfare-related determinants.
Herasymchuk D., Herasymchuk L., Valerko R., Patsev I., Kyrilenko N.

The article presents a comprehensive analysis of the environmental risks of forest fires in Ukraine, taking into account climatic, anthropogenic, and warfare-related determinants that shape the contemporary dynamics and intensity of fire processes. It is substantiated that traditional approaches to fire hazard assessment, which primarily focus on the number of fire occurrences, do not adequately reflect the actual scale of fire impacts and their ecological consequences. The study emphasizes the need to transition to a multifactor analysis that considers the structure, intensity, burned area, and economic losses as integral indicators of fire risk. The research reveals that climate change-particularly rising temperatures, prolonged drought periods, and reduced humidity-significantly increases fire danger and contributes to conditions conducive to large-scale fires. Anthropogenic influences, including improper forest management, disruption of natural regimes, accumulation of combustible materials, and deficiencies in fire prevention systems, further intensify fire development. Special attention is given to the impact of military actions, which cause a sharp increase in the number of landscape fires, expansion of burned areas, impeded access to fire sites, and limited capacity for rapid response. For the first time, the warfare factor is examined as a full-fledged determinant of fire hazard at the national level.

The methodological framework of the study includes correlation analysis, χ^2 testing, and visualization techniques, which made it possible to identify a strong relationship between fire-affected area and economic losses, and a weak relationship between the number of fires and their consequences. The findings demonstrate that the decisive factor determining losses is the scale rather than the

© Герасимчук Д. О., Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Пацев І. С., Кириленко Н. П., 2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

frequency of fires. The obtained results form a basis for improving fire hazard monitoring, forecasting, and risk management systems, optimizing preventive planning, identifying priority high-risk zones, and enhancing the ecological resilience of forest ecosystems under climatic and wartime challenges. *Key words*: forest fires, environmental risks, climatic determinants, anthropogenic impact, warfare-related factors, fire hazard, statistical analysis.

Постановка проблеми. У сучасних умовах лісові пожежі стали складним екологічним і соціально-економічним викликом, що потребує оновлення підходів до їх оцінювання та управління. Традиційні методи, зосереджені на підрахунку кількості загорянь, не відображають реальних масштабів і наслідків пожеж, оскільки окремі події можуть бути малочисельними, але катастрофічними за площею та збитками. Нестача розуміння взаємозв'язків між кількістю пожеж, площею їх поширення та економічними втратами ускладнює прогнозування та знижує ефективність управління. Додатковими чинниками виступають кліматичні зміни, антропогенне навантаження та нестабільна ситуація в країні, що підвищують інтенсивність і непередбачуваність пожеж. Тому актуальною є потреба у поглибленому аналізі ключових параметрів пожежної динаміки та формуванні ефективної системи моніторингу, прогнозування й управління ризиками для мінімізації їх масштабів і наслідків.

Актуальність дослідження. Лісові пожежі є одним із найбільш небезпечних екологічних процесів, що впливають на екосистеми, біорізноманіття, клімат та соціально-економічну стабільність регіонів. В умовах кліматичних змін, частіших посух, зростання антропогенного навантаження та впливу воєнних дій ризики неконтрольованих загорянь різко підвищуються. Пожежі стають масштабнішими, інтенсивнішими та менш передбачуваними, а традиційні підходи до оцінки й прогнозування ризиків втрачають ефективність. Зростають і соціально-економічні наслідки – втрата екосистемних послуг, деградація лісів, погіршення якості довкілля. Оцінювання пожежної безпеки часто обмежується кількістю загорянь, тоді як вирішальними є їх масштабність, структура та просторові характеристики. Недостатнє розуміння цих взаємозв'язків ускладнює планування превентивних заходів та прийняття управлінських рішень.

Враховуючи вищезазначене, дослідження закономірностей динаміки лісових пожеж, їх просторово-часових характеристик та взаємозв'язку ключових показників є надзвичайно актуальним. Воно сприятиме вдосконаленню систем моніторингу та прогнозування, формуванню ефективних стратегій управління лісовими пожежами та підвищенню рівня екологічної та економічної безпеки.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Авторський доробок узгоджується з ключовими науковими напрямками, спрямованими на вдосконалення систем аналізу та прогнозування природних ризиків. Дослідження поглиблює розуміння взаємозв'язків

між основними параметрами лісових пожеж, що є важливим для розвитку екологічної безпеки та управління природними ресурсами.

Практичне значення роботи полягає у використанні результатів для підвищення ефективності систем боротьби з лісовими пожежами. Виявлені закономірності дають змогу вдосконалити моделі оцінювання ризику, оптимізувати профілактичні заходи, визначати пріоритетні небезпечні зони та раціонально розподіляти ресурси. Аналітична база може бути використана лісгосподарськими підприємствами, ДСНС та природоохоронними установами для обґрунтованого управлінського реагування.

Таким чином, авторська робота забезпечує поєднання наукової новизни з реальними практичними інструментами, спрямованими на мінімізацію масштабів лісових пожеж та зменшення їх негативних екологічних і економічних наслідків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика лісових і ландшафтних пожеж активно досліджується українськими та зарубіжними науковцями [3, 7–10, 12–20]. На основі довгострокових рядів даних окреслено ключові тенденції розвитку пожежних режимів в Україні [18], запропоновані підходи до інтегрованого управління пожежами на ландшафтному рівні [19]. Дослідження соціально-екологічних наслідків катастрофічних пожеж показали безпрецедентність їх масштабів та водночас виявили структурні проблеми наявних механізмів реагування [1, 3, 15]. Військові дії є додатковим значним фактором збільшення частоти й площі лісових пожеж, а також зростання викидів парникових газів, що актуалізує потребу модернізації підходів до післявоєнного управління лісовими ресурсами [1, 4, 5, 11, 12, 20].

Значний розвиток здобули й методи оцінювання природної пожежної безпеки: розроблено наукове підґрунтя для лісопожежного зонування з метою виокремлення територій з різними рівнями ризику [16], оцінені запаси поверхневого лісового пального для моделювання інтенсивності пожеж [17].

Кліматичний фактор є важливим чинником пожежної безпеки, адже прямо впливає на збільшення кількості та площ пожеж [2, 6, 7, 14]. Регіони Східної Європи, включаючи Україну, є зонами високої пожежної чутливості в умовах зміни клімату [9, 10]. У глобальному масштабі продемонстрований феномен «мегапожеж» (великі площі, швидке поширення), що узгоджується з тенденціями, виявленими в Україні [8].

Окремий напрям становлять дослідження, присвячені використанню дистанційного зондування Землі, які істотно розширили можливості просторово-часового аналізу пожежних процесів [7, 9, 13].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття та новизна досліджень. Попри значний прогрес у вивченні окремих аспектів пожежної небезпеки, малодослідженими залишаються питання комплексного статистичного аналізу довготривалих часових рядів, категоріального взаємозв'язку та економічної оцінки збитків у контексті «кризових» років і сучасних ризиків. Саме усунення цих наукових прогалин і визначає значущість проведеного дослідження.

Методологічне значення проведеного дослідження полягає у вдосконаленні підходів до аналізу лісових пожеж шляхом поєднання кореляційних, категоріальних та візуалізаційних методів, що дозволяє глибше оцінити взаємозв'язки між кількістю пожеж, площею їх поширення та збитками. Запропонований інструментарій формує основу для створення більш точних моделей оцінки пожежних ризиків та може бути використаний у подальших наукових дослідженнях і практиці управління лісовими екосистемами.

Виклад основного матеріалу. За період з 1990 по 2024 рр. на території України зафіксовано 117 056 випадків лісових пожеж площею 1398,74 тис. га, якими було завдано збитків на суму 15 868,37 млн. грн. В середньому протягом року мало місце 3345 одиниць пожеж (мінімальна кількість у 2021 р. – 660 одиниць, максимальна – 7411 одиниць у 1994 р.) (рис. 1). За кількістю пожеж спостерігаються значні коливання, але без чітко вираженого довготривалого тренду на зростання чи зниження, що свідчить про залежність від кліматичних умов (посухи/вологі роки) та антропогенного впливу (рис. 1, а).

Середня площа, пройдена пожежами становить 39,96 тис. га з мінімальним значенням 0,3 тис. га у 2021 р. та максимальним – 1091,7 тис. га у 2019 р., що у 27,3 рази більше середнього. Наявні й надзвичайні пожежні ситуації у другій половині 2010-х – на початку 2020-х: 2020 р. – 75 тис. га, 2023 р. – 51 тис. га, 2024 р. – 24,1 тис. га (рис. 16).

Обсяги збитків в середньому склали 566,73 млн. грн – від 0,02 млн. грн у 2015 р. до 6822,1 млн. грн у 2019 р. До 2007 р. збитки від пожеж були відносно низькими (менше 10 млн грн на рік), саме у цьому році стався різкий стрибок до 188 млн грн, а у 2019 р. нараховані рекордні збитки у 6822,1 млн грн. Значні суми завданих збитків були характерні й для 2023 р. та 2024 р. – 2047,3 млн. грн та 6201,2 млн грн, що пов'язано з теперішньою ситуацією в нашій державі – військовим вторгненням РФ (рис. 1, в). Відмітимо, що частота пожеж не має сталого тренду, а масштаби (площа і збитки) мають тенденцію до зростання. Збитки зростають набагато швидше, ніж кількість пожеж – це вказує на уразливість екосистем і економічну цінність лісів. Особливо небезпечними виявилися 2019, 2020, 2023 та 2024 роки, які можна вважати кризовими.

Результати кореляційного аналізу свідчать, що між кількістю пожеж та їх площею існує слабкий від'ємний зв'язок ($r = -0,2136$), тобто більше пожеж не завжди означає більшу площу, адже часто буває багато дрібних пожеж; між кількістю пожеж та збитками – також слабкий від'ємний зв'язок ($r = -0,2796$), адже великі економічні втрати можуть бути навіть при невеликій кількості пожеж (але масштабних); між площею та збитками – сильний позитивний зв'язок ($r = 0,7296$), що підтверджує той факт, що чим

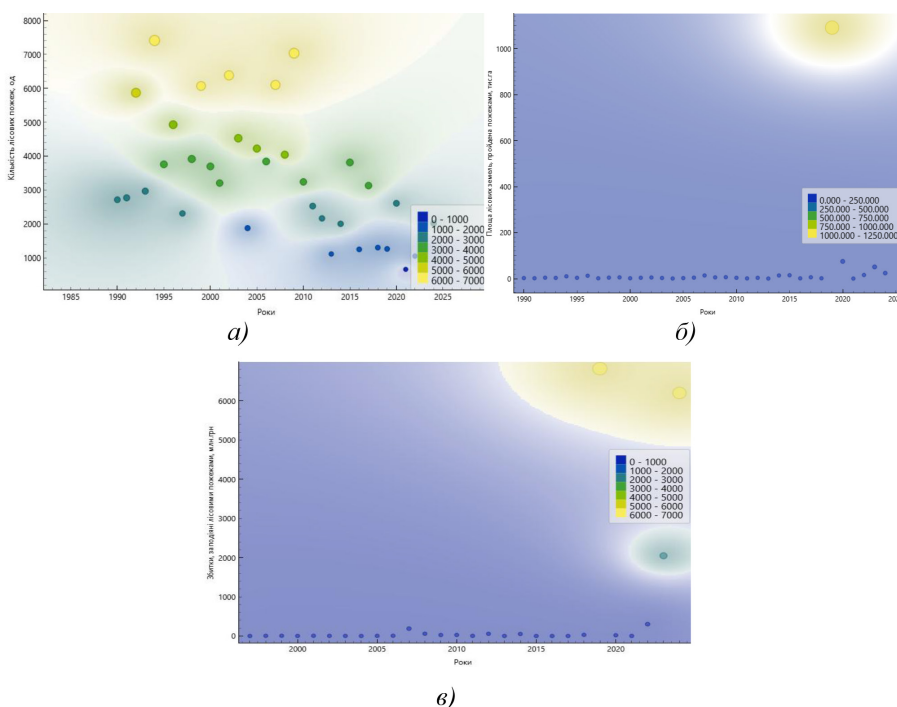


Рис. 1. Статистика лісових пожеж за період 1990–2024 рр.: а – кількість лісових пожеж; б – площа лісових земель, пройдена пожежами; в – збитки, заподіяні лісовими пожежами

більша площа, пройдена вогнем, тим вищі збитки. Зазначене свідчить, що головний фактор збитків – не кількість пожеж, а їх площа та інтенсивність.

Для відображення залежності у категоріях (за інтервалами) використані мозаїчні графіки. Значення кожного з показників розбито на 4 інтервали. Кожна клітинка – поєднання «кількість пожеж – розмір збитків», «кількість пожеж – площа» та «площа – розмір збитків». Розмір клітинки показує кількість спостережень (років), що потрапили у цей інтервал. Колір контуру: червоний – більше спостережень, ніж очікувалося (позитивне відхилення), синій – менше спостережень, ніж очікувалося (негативне відхилення).

Залежність між кількістю пожеж та площею (рис. 2, а) статистично значуща (тенденція до зв'язку, що більша кількість пожеж пов'язана з більшими площами, але зв'язок не ідеальний (часто багато малих пожеж)) ($\chi^2 = 16,37$, $p = 0,059$ – результат χ^2 -тесту незалежності). На мозаїці більше червоних клітинок при середній кількості пожеж і середніх площах; сині клітинки на крайніх перетинах (дуже багато пожеж, але невеликі площі, або навпаки).

На мозаїці «кількість пожеж – збитки» (рис. 2, б) наявні наступні кластери: при низькій кількості пожеж (<2008,5) збитки часто також низькі → очікувано (червоні блоки внизу зліва); при середньому рівні пожеж (2008–3168) розподіл збитків більш різномірний; значні збитки (>53,9 млн. грн) зустрічаються навіть при невеликій кількості пожеж –

2022–2024 роки, де пожеж було відносно мало, але вплив війни різко підвищив економічні втрати. $\chi^2 = 9,46$, $p = 0,396$ – залежність між кількістю пожеж та збитками статистично незначуща ($p = 0,396 > 0,05$) Отже, великі збитки не завжди прямо пов'язані з великою кількістю пожеж. Впливають інші фактори: площа охоплення, цінність території, воєнні дії.

Залежність між площею лісових земель, пройденою пожежами та збитками (рис. 2, в) є статистично значущою ($\chi^2 = 17,77$, $p = 0,038$). Червоні блоки – при великих площах та великих збитках, сині блоки – при малих площах і малих збитках. Отже, чим більша площа пожежі, тим більші збитки (зв'язок підтверджено статистично).

Отже, кількість пожеж не є визначальним фактором збитків – важливіше, які площі охоплено. Площа пожеж прямо впливає на збитки, що підтверджують і кореляційний аналіз, і χ^2 -тест. Мозаїчні графіки показують залежність у категоріях (за інтервалами), тоді як кореляційна таблиця – числовий лінійний зв'язок. В обох випадках результат однаковий за напрямом: пожежі ↔ збитки – слабкий зв'язок, пожежі ↔ площа – неоднозначно, площа ↔ збитки – сильний зв'язок. Вище наведене свідчить, що система реагування має бути спрямована не лише на зменшення кількості загорянь, а на запобігання поширенню та збільшенню площі пожеж.

Головні висновки. За період 1990–2024 рр. в Україні зафіксовано понад 117 тис. лісових пожеж

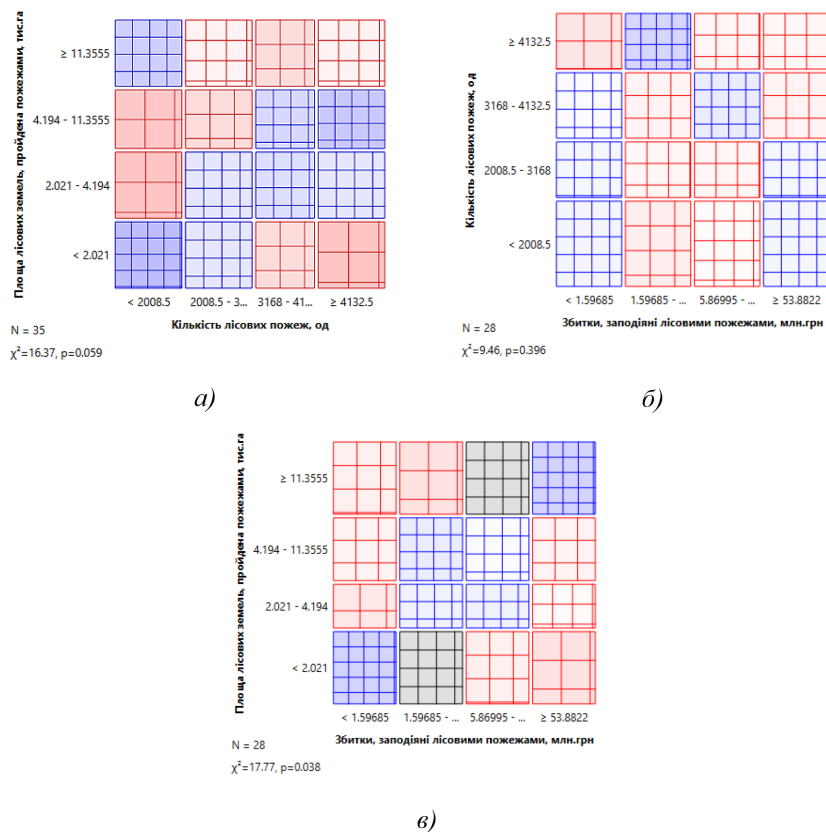


Рис. 2. Мозаїчні графіки залежності між кількістю лісових пожеж та площею (а), кількістю лісових пожеж та збитками (б), площею лісових земель, пройденою пожежами та збитками (в)

на площі 1,4 млн га, зі збитками понад 15,8 млрд грн. Кількість пожеж не має сталого тренду, але коливається залежно від погодних умов і людського фактора. Площа і збитки зростають, особливо після 2019 р., що свідчить про перехід від частих дрібних пожеж до рідкісних, але катастрофічних. Кореляційний аналіз показав, що між кількістю пожеж та площею, а також кількістю пожеж та збитками наявний слабкий зв'язок $r \approx -0,21$ ($r \approx -0,28$), площею та збитками – сильний зв'язок ($r \approx 0,73$).

Отже, вирішальним фактором збитків є не кількість пожеж, а їх масштаб. Найбільші втрати зафіксовано у 2019, 2020, 2023 та 2024 рр., що пов'язано з аномальною посухою і впливом воєнних дій.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у здійсненні сценарного прогнозування як інструменту підтримки управлінських рішень, що дозволить оцінювати можливі траєкторії зміни пожежної небезпеки залежно від варіацій кліматичних, екологічних та антропогенних факторів.

Література

1. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О., Примера І. О. Оцінка розміру шкоди для довкілля, спричинена військовими діями. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 126. С. 251–258. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.35>
2. Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Пацева І. Г. Прояв зміни температури повітря на території м. Житомир. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Серія «Екологія»*. 2023. Вип. 29. С. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-01>
3. Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Пацева І. Г., Пацев І. С. Лісові пожежі у фокусі кластерного аналізу: екосистемні та технологічні аспекти через призму VOSviewer. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 11. С. 270–279. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.29>
4. Герасимчук Л. О., Валерко Р. А., Ярошенко Б. О., Члек О. М. Загрози довкілля внаслідок військових дій очима дітей. *Екологічні науки*. 2022. № 4 (43). С. 168–173. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.есо.4-43.28>
5. Герасимчук Л. О., Пацева І. Г., Валерко Р. А. Гуманітарне розмінування України. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 232–238. DOI: <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2024.24.33>
6. Герасимчук Л., Валерко Р., Розгон В., Маліновська В. Тенденції викидів діоксиду вуглецю як чинника кліматичних змін в атмосферне повітря Житомирської області від стаціонарних джерел та прогнозування їх обсягів. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2023. № 3. С. 49–58. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-7>
7. Balabukh V. O., Zibtsev S. V. Impact of climate change on quantity and area of forest fires in the northern part of the Black Sea Region of Ukraine. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 2016. Vol. 18. P. 60–71. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.18.2016.07>
8. Boer M., Resco de Dios, V., Bradstock R. Unprecedented burn area of Australian mega forest fires. *Nature Climate Change*. 2020. Vol. 10. P. 1–2. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0716-1>
9. De Rigo D., Libertà G., Houston Durrant T., Artés Vivancos T., San-Miguel-Ayanz J. Forest fire danger extremes in Europe under climate change: variability and uncertainty. Publication Office of the European Union, Luxembourg. 2017. 71 pp. DOI: <https://doi.org/10.2760/13180>
10. European wildfire danger and vulnerability in a changing climate – Towards integrating risk dimensions – JRC PESETA IV project – Task 9 – forest fires, Publications Office of the European Union. 2020. DOI: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/46951>
11. Herasymchuk L., Patseva I., Valerko R., Ustymenko V. Military actions in Ukraine as ecocide and challenge to Formulas of peace. *Present Environment and Sustainable Development*. 2024. Vol. 18(2). P. 275–293. DOI: <https://doi.org/10.47743/pesd2024182015>
12. Matsala M., Odruzhenko A., Hinchuk T., Myroniuk V., Drobyshev I., Sydorenko S., Zibtsev S., Milakovsky B., Schepaschenko D., Kraxner F. & Bilous A. War drives forest fire risks and highlights the need for more ecologically-sound forest management in post-war Ukraine. *Sci Rep*. 2024. Vol. 14, 4131. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54811-5>
13. Oreshchenko A., Osadchyi V., Savenets M., Balabukh V. Detection and monitoring of potentially dangerous fires in Ukraine based on satellite scanning. *Visnyk NAN Ukrainy*. 2020. Vol. 11. P. 33–44. DOI: <https://doi.org/10.15407/visn2020.11.033>
14. Patseva I., Herasymchuk L., Kahukina A., Patsev I., Valerko R., Ustymenko V. The impact of forest fires in the context of climate change: an interdisciplinary analysis. *Technology Audit and Production Reserves*. 2025. Vol. 3(83). P. 25–37. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.331295>
15. Soshenskyi O., Zibtsev S., Terentiev A., Vorotynskyi O. Consequences of catastrophic landscape fires in Ukraine for forest ecosystems and population. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2021. Vol. 12(3). P. 21–34. DOI: <https://doi.org/10.31548/forest2021.03.002>
16. Sydorenko S. H., Sydorenko S. V. Analysis of fire risks in Ukrainian forests. *Forestry and Forest Melioration*. 2020. Vol. 137. P. 91–101. DOI: <https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.91>
17. Sydorenko S., Gumeniuk V., De Miguel-Díez F., Soshenskiy O., Budzinskiy I., Koren V. Assessment of the surface forest fuel load in the Ukrainian Polissia. *Fire Ecology*. 2024. Vol. 20(35). DOI: <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00265-z>
18. Zibtsev S. V., Soshenskiy O. M., Gumeniuk V. V., Koren V. A. Long term dynamic of forest fires in Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2019. Vol. 10(3). P. 27–40. DOI: <https://doi.org/10.31548/forest2019.03.027>
19. Zibtsev S. V., Soshenskiy O. M., Myroniuk V. V., Gumeniuk V. V. Wildfire in Ukraine: an overview of fires and fire management system. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2020. Vol. 11(2). P. 15–31. DOI: <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.015>
20. Zibtsev S., Pasternak V., Vasylyshyn R., Myroniuk V., Sydorenko S., Soshenskiy O. Assessment of carbon emissions due to landscape fires in Ukraine during war in 2022. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2024. Vol. 15(1). P. 126–139. DOI: <https://doi.org/10.31548/forest/1.2024.126>

Дата першого надходження рукопису до видання: 27.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 15.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025