

ЕКОЛОГІЯ І МОНІТОРИНГ

УДК 630.67:504.75

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.147.2025.80>**МЕТОДИ ПРОФІЛАКТИКИ Й МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ
У СИСТЕМІ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО МЕНЕДЖМЕНТУ УКРАЇНИ**Т. М. Портянко^{1*}, С. В. Ротте²

Статтю присвячено систематизації сучасних підходів до профілактики й мінімізації ризиків лісових пожеж у контексті лісогосподарського менеджменту України. На основі структурованого огляду наукових джерел, міжнародних рекомендацій FAO, UNEP, Європейської комісії та національної нормативної бази проаналізовано ключові чинники пожежної безпеки, зокрема зміну клімату, накопичення горючих матеріалів і збільшення ризиків у зонах взаємодії лісових та урбанізованих територій (wildland-urban interface, WUI). Узагальнення міжнародного досвіду свідчить про ефективність комплексного управління паливним навантаженням, застосування контрольованих випалювань, використання індексу Fire Weather Index (FWI) та впровадження геоінформаційних систем і технологій дистанційного зондування для моніторингу та картографування ризику. Обґрунтовано доцільність адаптації індексів пожежної безпеки до регіональних умов України та необхідність інтеграції принципів risk-based management відповідно до стандарту ISO 31000. Запропоновано практичні рекомендації та індикатори ефективності, що можуть бути використані лісогосподарськими підприємствами для підвищення стійкості лісових екосистем і зменшення масштабів пожежних загроз.

Ключові слова: профілактика пожеж, управління горючими матеріалами, показник пожежної безпеки FWI, управління ризиками.

Вступ. Лісові пожежі становлять одну з найбільш критичних загроз для лісових екосистем, соціально-економічної стабільності та екологічної безпеки України, а глобальна зміна клімату суттєво посилює їхню частоту, інтенсивність і непередбачуваність. Згідно з оцінками IPCC (2021), регіони з континентальним і субконтинентальним типами клімату, зокрема Східна Європа, вже стикаються зі збільшенням пожежної безпеки у зв'язку з підвищенням температури, частішими періодами посухи та екстремальними погодними явищами. У звітах UNEP (2022) наголошено, що поєднання високої температури, низької вологості та накопичення горючих матеріалів сприяє поширенню ландшафтних пожеж, які спроможні переростати в масштабні надзвичайні ситуації. Подібні тенденції є характерними також для України, де збільшення температури повітря, дефіцит опадів і подовження пожежонебезпечного періоду істотно підвищують ризик виникнення лісових пожеж, особливо у хвойних лісах Полісся (Baliuk *et al.*, 2020). Аналіз багаторічної динаміки свідчить про значну мінливість річної кількості пожеж і площ, пройдених вогнем, що зумовлено спільним впливом кліматичних та антропогенних чинників (Zibitsev *et al.*, 2019).

Європейські дослідження свідчать, що одним із ключових просторових чинників ризику є зони wildland-urban interface (WUI), де урбанізовані території безпосередньо межують із лісовими масивами (European Commission, 2021; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2023). Пожежі в таких зонах створюють значні екологічні й соціальні загрози для населення та інфраструктури. В Україні подібні процеси відбуваються в соснових масивах Полісся, Лівобережжя та регіонах із високим рекреаційним навантаженням (State Forest Resources Agency of Ukraine, 2023; State Emergency Service of Ukraine, 2023).

¹ Портянко Тетяна Михайлівна, кандидат технічних наук, доцент, Черкаський державний технологічний університет, бульвар Шевченка, 460, Черкаси, 18000, Україна. E-mail: portyanko11@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3935-5178>

² Ротте Сергій Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, Черкаський державний технологічний університет, бульвар Шевченка, 460, Черкаси, 18000, Україна. E-mail: red3spirit@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1281-1241>

*Адреса для кореспонденції: portyanko11@gmail.com

Національна нормативна база частково регламентує підходи до охорони лісів від пожеж. Постанови Кабінету Міністрів України № 610–612 формулюють організаційні принципи системи охорони лісів і профілактики пожеж, а Правила пожежної безпеки в лісах України визначають обов’язкові превентивні заходи (Cabinet of Ministers of Ukraine, 2018). Водночас ефективність практичної реалізації значною мірою залежить від методичних рекомендацій щодо підвищення пожежної стійкості лісів і організації профілактичних робіт (Voron *et al.*, 2020; State Emergency Service of Ukraine, 2021).

Міжнародні рекомендації FAO наголошують на необхідності інтегрованого підходу до управління пожежами, що охоплює профілактику, готовність, реагування та відновлення (FAO, 2006; 2020). Особливу увагу приділяють управлінню паливними матеріалами шляхом механічного проріджування, санітарних рубок і застосування контрольованих випалювань, які довели ефективність у зниженні інтенсивності пожеж (Fernandes, 2013; Stephens *et al.*, 2013; Moritz *et al.*, 2014).

У країнах ЄС ключовим інструментом оцінювання пожежної небезпеки є Fire Weather Index (FWI), інтегрований у систему EFFIS і широко застосовуваний для оперативного моніторингу та планування профілактичних заходів (San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2023). Його структуру та принципи розрахунку детально описано в матеріалах Canadian Forest Service (2023). Поєднання FWI з геоінформаційними технологіями та даними дистанційного зондування дає змогу створювати просторові карти ризику та моделювати поведінку пожеж.

Складність пожежних ризиків, що постійно зростає, зумовлює необхідність переходу до risk-based management відповідно до ISO 31000 (ISO, 2018). Національним підґрунтям для впровадження цих принципів є ДСТУ ISO 31000:2018 (State Standard of Ukraine, 2018), що гармонізує міжнародні підходи до управління ризиками в умовах України.

У цьому контексті постає наукова проблема: які сучасні науково обґрунтовані методи профілактики та мінімізації ризиків лісових пожеж можуть бути ефективно інтегрованими в практику лісогосподарського менеджменту України з урахуванням міжнародного досвіду та національних особливостей?

Метою роботи є систематизація сучасних методів профілактики й мінімізації ризиків лісових пожеж та обґрунтування можливостей їхньої адаптації до умов лісогосподарського менеджменту України.

Матеріали й методи. У дослідженні застосовано методологію систематизованого огляду літератури, що ґрунтується на підходах PRISMA (Page *et al.*, 2021) та ROSES (Haddaway *et al.*, 2018), адаптованих до специфіки лісівничих досліджень. Проведено аналіз міжнародних звітів FAO, UNEP, IPCC, Європейської комісії, нормативно-правових документів України та рецензованих наукових публікацій з баз Scopus, Web of Science і Google Scholar за 2000–2024 рр. Застосовано тематичне групування, порівняльний і контент-аналіз. Обраний дизайн дав можливість комплексно охопити сучасні наукові публікації, міжнародні звіти та нормативно-правові документи, що регулюють протипожежні заходи. Основним дослідницьким питанням огляду було визначення сучасних ефективних методів профілактики та мінімізації ризиків лісових пожеж і можливостей їхньої адаптації до умов лісогосподарського менеджменту України. Для систематизації знайдених матеріалів джерела було згруповано за ключовими тематичними напрямками: чинники пожежної небезпеки в умовах кліматичних змін; методи оцінювання ризику (зокрема індекс Fire Weather Index – FWI); управління горючими матеріалами (механічне прорідження, санітарні рубки, контрольовані випалювання); сучасні системи моніторингу та ГІС-моделювання; інфраструктурні ризики та особливості зон WUI (wildland-urban interface); інтегроване risk-based управління ризиками відповідно до ISO 31000.

База охоплювала три основні групи матеріалів. Перша група містила міжнародні звіти та рекомендації FAO, UNEP, IPCC, Європейської комісії (зокрема дані EFFIS), а також міжнародні стандарти управління ризиками. Друга група складалася з офіційної статистики

та нормативно-правових актів України, зокрема документів Державного агентства лісових ресурсів України, Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Правил пожежної безпеки в лісах України, Постанов Кабінету Міністрів України № 610–612 та національної шкали оцінки природної пожежної небезпеки. Третю групу становили рецензовані наукові публікації з наукометричних баз Scopus, Web of Science, Google Scholar та українських фахових видань, відібрані за тематикою управління ризиками, профілактики лісових пожеж, паливного навантаження, застосування індексів небезпеки FWI та ГІС-технологій. Пошук здійснювали українською та англійською мовами, а хронологічні рамки охоплювали 2000–2024 рр., з акцентом на останнє десятиліття.

Процедура відбору джерел відповідала послідовності PRISMA/ROSES і містила такі етапи: ідентифікацію публікацій за ключовими словами, скринінг назв та анотацій, оцінювання відповідності повних текстів тематичним напрямам і занесення до фінальної вибірки тих джерел, що містять науково обґрунтовані методи профілактики та управління ризиками. Відбір здійснювали за принципами релевантності, достовірності й практичної цінності для лісогосподарського менеджменту. До аналізу брали лише ті роботи, що висвітлюють вимірювані або якісно описані методи зменшення ризику, містять аналіз паливного навантаження, описують застосування FWI, ГІС або практик контрольованих випалювань, а також рекомендації щодо роботи в WUI-зонах.

Інформацію обробляли на основі тематичного групування, порівняльного аналізу методів, описового аналізу офіційних статистичних даних та контент-аналізу концепцій, що повторюються в міжнародних і національних дослідженнях. Статистичні тенденції, наведені в роботі, базуються тільки на оприлюднених даних Держлісагентства та ДСНС без проведення власних кореляційних або регресійних розрахунків. Синтез інформації здійснювали з метою виявлення найпоширеніших та науково обґрунтованих підходів до мінімізації ризиків, оцінювання можливостей впровадження таких підходів в Україні та узагальнення міжнародних практик, придатних для адаптації в українському лісогосподарському менеджменті.

До основних обмежень дослідження належать неповнота охоплення «сірої літератури», часові розбіжності в оновленні офіційної статистики України, а також спрощений характер застосування PRISMA/ROSES, зумовлений галузевою специфікою та відсутністю експериментальних чи моделювальних блоків. Водночас запропонований підхід забезпечив повноту охоплення тематики, відповідність вимогам наукової спільноти та можливість інтеграції висновків дослідження у практику управління ризиками лісових пожеж.

Результати. Аналіз сучасних наукових публікацій, міжнародних керівних документів та національних матеріалів засвідчив, що збільшення пожежної небезпеки в Україні є частиною загальноєвропейської тенденції, зумовленої поєднанням кліматичних змін, антропогенного навантаження та накопичення горючих матеріалів у лісових масивах. За даними Державного агентства лісових ресурсів України та ДСНС, кількість лісових пожеж і площа їхнього поширення протягом останнього десятиліття демонструють високу міжрічну мінливість, що корелює з погодними екстремумами та рівнем рекреаційного навантаження в окремих регіонах. Ці тенденції узгоджуються з європейськими дослідженнями, у яких відзначено подібність ризиків у хвойних лісах Центральної та Східної Європи (European Commission, 2021; San-Miguel-Ayanz *et al.*, 2023).

Узагальнення міжнародних джерел дало змогу виокремити три ключові групи факторів, що визначають рівень пожежної небезпеки:

- кліматичні (температура, тривалі періоди посухи, вітер);
- структурні (вік, тип і густота насаджень, обсяг паливного навантаження);
- антропогенні (рекреаційна діяльність, сільськогосподарські підпали, інфраструктурні ризики).

Особливо небезпечними є зони WUI (wildland-urban interface, зона взаємодії лісових і урбанізованих територій), де межування лісових масивів і забудови посилює ймовірність виникнення пожеж та ускладнює їхнє гасіння. Подібні закономірності описано в роботах Moritz *et al.* (2014), Keeley and Syphard (2019) тощо.

Аналіз літератури засвідчив, що найбільш ефективним методом зниження інтенсивності лісових пожеж є системне управління горючими матеріалами. Механічне проріджування, санітарні рубки та контрольовані (призначені) випалювання довели здатність істотно знижувати вертикальну й горизонтальну безперервність горючих матеріалів та обмежувати силу й швидкість поширення полум'я (Fernandes, 2013; Stephens *et al.*, 2013).

Оцінювання пожежної небезпеки на основі метеорологічних індексів є важливою складовою сучасних профілактичних систем. Найбільш поширеним індексом є Fire Weather Index (FWI), інтегрований у систему EFFIS. Його застосування дає можливість здійснювати оперативний прогноз пожежної небезпеки, однак для України потрібна регіональна адаптація через специфіку типів лісу та вологості підстилки.

Аналіз матеріалів Європейської комісії (European Commission, 2021) та UNEP (UNEP, 2022) свідчить, що сучасні системи моніторингу, які поєднують супутникові дані (Sentinel, Landsat, MODIS), дистанційне зондування, автоматизовані камери та безпілотники, значно підвищують ефективність раннього виявлення пожеж та оцінювання ризиків. В Україні подібні технології застосовують переважно фрагментарно.

Також виявлено, що інфраструктурні ризики (лінії електропередач, дороги, рекреаційні зони) є одними з ключових джерел займання. Міжнародний досвід демонструє ефективність профілактичних просік, очищення ЛЕП від сухостою, сенсорного моніторингу та локальних планів управління ризиками.

Обговорення. Отримані результати підтверджують, що управління горючими матеріалами є центральним елементом ефективної системи профілактики лісових пожеж. Механічні та вогневі методи зменшення паливного навантаження широко застосовують у країнах ЄС, США та Австралії, що забезпечує довготривалий тривалий ефект у зниженні інтенсивності пожеж. В Україні їхня ефективність залежить від типів лісу, доступності техніки, професійної підготовки персоналу та нормативних обмежень, зокрема щодо призначених випалювань.

Потреба в адаптації індексу FWI для умов України є очевидною. Застосування індексу без регіонального калібрування може занижувати або завищувати ризики, що впливає на ухвалення управлінських рішень. Тому необхідне поєднання FWI із локальними даними про пожежі та типовими характеристиками лісових масивів.

Впровадження ГІС-технологій, супутникового моніторингу та автоматизованих систем раннього виявлення відкриває значні можливості для підвищення оперативності реагування й точності оцінювання пожежних ризиків. Проте в Україні такі рішення поки не інтегровано в єдину національну систему управління пожежною безпекою, що знижує ефективність їхнього використання.

Управління ризиками відповідно до ISO 31000 дає можливість перейти від реактивного до проактивного лісогосподарського менеджменту. Поєднання кількісних (індекси, моделювання) і якісних (експертні оцінки, карти ризику) методів дає змогу точніше визначати найуразливіші території й оптимізувати розподіл ресурсів.

Сукупність міжнародного досвіду та українських умов свідчить про необхідність комплексного застосування таких підходів, як:

- систематичне управління паливними матеріалами;
- адаптовані індекси пожежної безпеки;
- ГІС-моделювання та цифрові системи моніторингу;
- контроль інфраструктурних ризиків;
- міжвідомча координація;

– стратегічне risk-based планування.

Реалізація цих заходів сприятиме переходу від переважно реактивних дій до більш ефективної, превентивної та стійкої моделі управління лісовими пожежами в Україні.

Висновки. Ефективна система профілактики та мінімізації ризиків лісових пожеж в Україні має охоплювати:

– системне зменшення паливного навантаження з використанням контрольованих випалювань та вибіркового рубок;

– упровадження адаптованих індексів пожежної небезпеки та їхнє регулярне оновлення;

– розвиток ГІС- та дистанційних технологій для створення динамічних карт ризику;

– удосконалення інфраструктурного захисту, особливо в WUI-зонах;

– поглиблення міжвідомчої координації та залучення громад;

– інтеграцію принципів risk-based management у стратегічне та оперативне планування.

Результати дослідження підкреслюють, що комплексне застосування цих підходів є необхідною умовою для зменшення кількості пожеж, мінімізації екологічних і соціально-економічних наслідків пожеж і забезпечення стійкого функціонування лісових екосистем України в умовах збільшення кліматичних ризиків.

Джерела фінансування. Це дослідження не отримало жодного гранту від жодної фінансової установи в державному, комерційному або некомерційному секторах.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Baliuk, S.A., Medvediev, V.V. and Shevchenko, O.M. (2020) 'Climate change and fire hazard of forest ecosystems in Ukraine', *Ukrainian Geographical Journal*, 3, pp. 32–41.
- Cabinet of Ministers of Ukraine (2022) *On approval of the Procedure for the organisation of forest protection and conservation*. Resolution No. 612 dated 20 May 2022. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/612-2022-%D0%BF#Text> (Accessed: 11 August 2025) (in Ukrainian).
- Canadian Forest Service (2023) *Canadian Wildland Fire Information System – Fire Weather Index*. Available at: <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca> (Accessed: 11 August 2025).
- European Commission (2021) *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2021*. Available at: <https://effis.jrc.ec.europa.eu> (Accessed: 11 August 2025).
- FAO (2006) *Fire management: voluntary guidelines. Principles and strategic actions*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2020) *Fire management global assessment: 2020 update*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fernandes, P.M. (2013) 'Fire-smart management of forest landscapes in the Mediterranean basin under global change', *Landscape and Urban Planning*, 110, pp. 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.10.014>
- Haddaway, N.R., Macura, B., Whaley, P. and Pullin, A.S. (2018) 'ROSES RepOrting standards for Systematic Evidence Syntheses: pro forma, flow-diagram and descriptive summary of the plan and conduct of environmental systematic reviews and systematic maps', *Environmental Evidence*, 7, 7. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0121-7>
- IPCC (2021) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1> (Accessed: 11 August 2025).
- ISO (2018) ISO 31000:2018 Risk management Guidelines. Geneva: International Organization for Standardization.
- Keeley, J.E. and Syphard, A.D. (2019) 'Twenty-first century California, USA, wildfires: fuel-dominated vs. wind-dominated fires', *Fire Ecology*, 15, 24. <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0041-0>
- Moritz, M.A. Enric, B., Bradstock, R.A., A. Malcolm Gill, John Handmer, Paul F. Hessburg, Justin Leonard, Sarah McCaffrey, Dennis C. Odion, Schoennagel T. and Syphard A.D. (2014) 'Learning to coexist with wildfire', *Nature*, 515, pp. 58–66. <https://doi.org/10.1038/nature13946>
- Page, M.J., McKenzie J.E., Bossuyt, P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D. et al. (2021) 'The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews', *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Liberta', G., Jacome Felix Oom, D., Branco, A., De Rigo, D., Suarez-Moreno, M., Ferrari, D., Roglia, E., Scionti, N., Broglia, M., Onida, M., Tistan, A. and Loffler, P. (2023) *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/348120>
- State Forest Resources Agency of Ukraine (2023) *Official statistics on forest fires*. Available at: <https://forest.gov.ua> (Accessed: 11 August 2025) (in Ukrainian).

- State Emergency Service of Ukraine (2021) *Methodical recommendations on reducing the risk of forest fires and response measures*. Available at: <https://dsns.gov.ua> (Accessed: 11 August 2025) (in Ukrainian).
- State Emergency Service of Ukraine (2023) *Analytical data on fires and emergencies*. Available at: <https://dsns.gov.ua> (Accessed: 11 August 2025) (in Ukrainian).
- State Standard of Ukraine (2018) *DSTU ISO 31000:2018 Risk management. Principles and guidelines (ISO 31000:2018, IDT)*. Kyiv: National Standard (effective from 2019-01-01).
- Stephens, S.L. Agee, J. K., Fulé, P. Z., North, M. P., Romme, W. H., Swetnam, T. W. and Turner M. G. (2013) 'Managing forests and fire in changing climates', *Science*, 342, pp. 41–42. <https://doi.org/10.1126/science.1240294>
- UNEP (2022) *Spreading Like Wildfire: The Rising Threat of Extraordinary Landscape Fires*. Available at: <https://www.unep.org/resources/report/spreading-wildfire-rising-threat-extraordinary-landscape-fires> (Accessed: 11 August 2025).
- Voron, V.P., Koval, I.M., Sydorenko, S.H., Melnyk, Ye.Ye., Bolohov, O.Yu., Tkach, O.M. and Tymoshchuk, I.V. (2020) Recommendations for measures to improve the fire resistance of forests and methods for predicting their post-fire development. Kharkiv: URIFFM. Available at: <https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/perelik-dokumentiv-shcho-shvaleni-naukovo-tehnichnoyu-radoyu/t7recommendationsforestsfireresistance.pdf> (Accessed: 11 August 2025) (in Ukrainian).
- Zibtsev, S., Soshenskyi, O., Gumeniuk, V. and Koren, V. (2019) 'Long term dynamic of forest fires in Ukraine', *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 10(3), pp. 27–40. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.027>

METHODS FOR MITIGATING AND MINIMIZING FOREST FIRE RISKS IN THE UKRAINIAN FOREST MANAGEMENT SYSTEM

Portyanko T. M.^{1*}, Rotte S. V.²

The article presents a systematic review of contemporary approaches to the forest fire risk prevention and mitigation within the context of forest management in Ukraine. Based on a structured analysis of scientific literature, international guidelines (FAO, UNEP, and the European Commission), and national regulatory documents, the study identifies key drivers of fire hazard, including climate change, fuel accumulation, and increasing risks in wildland–urban interface (WUI) zones. International experience demonstrates the effectiveness of integrated fuel management, prescribed burning, application of the Fire Weather Index (FWI), and the use of GIS and remote sensing technologies for monitoring and risk mapping. The study emphasizes the need to adapt fire danger indices to regional conditions in Ukraine and highlights the importance of implementing risk-based management principles in accordance with ISO 31000. Practical recommendations and performance indicators are proposed to strengthen fire mitigation strategies, enhance forest ecosystem resilience, and reduce environmental and socio-economic losses caused by forest fires.

К е y w o r d s : fire mitigation, fuel management, Fire Weather Index (FWI), risk-based management.

Дата надходження рукопису 24.09.2025

Дата прийняття до друку 28.11.2025

Дата публікації 29.12.2025

¹ Portyanko Tetiana, PhD (Technical Sciences), Associate Professor, State Technological University of Cherkasy, 460 Shevchenko Boulevard, Cherkasy, 18000, Ukraine. E-mail: portyanko11@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3935-5178>

² Rotte Serhii, PhD (Technical Sciences), Associate Professor, State Technological University of Cherkasy, 460 Shevchenko Boulevard, Cherkasy, 18000, Ukraine. E-mail: red3spirit@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1281-1241>

* Correspondence: portyanko11@gmail.com