


## ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630\*43'06

**Огляд і аналіз основних аспектів протипожежного захисту лісових екосистем в умовах сьогодення**Лозінська Т.П. , Ситник О.С. , Велика К.І. *Білоцерківський національний аграрний університет* Лозінська Т.П. E-mail: lozinskatat@ukr.net

Лозінська Т.П., Ситник О.С., Велика К.І. Огляд і аналіз основних аспектів протипожежного захисту лісових екосистем в умовах сьогодення. «Агробіологія», 2024. № 2. С. 144–153.

Lozinska T., Sytnyk O., Velyka K. Review and main aspects analysis of fire protection of forest ecosystems in current conditions. «Agrobiology», 2024. no. 2, pp. 144–153.

Рукопис отримано: 10.10.2024 р.

Прийнято: 24.10.2024 р.

Затверджено до друку: 28.11.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2024-191-2-144-153

Показано, що протипожежний захист лісових екосистем у сучасних умовах є надзвичайно важливим завданням, яке потребує комплексного підходу. Основні аспекти включають профілактику, моніторинг, оперативне реагування та післяпожежне відновлення. У зв'язку зі зміною клімату, антропогенним впливом та підвищенням частоти пожеж, сучасні заходи адаптують до нових викликів. Профілактика є базовим елементом протипожежного захисту, спрямованим на запобігання виникненню пожеж. До таких заходів віднесено розчищення територій, створення протипожежних смуг, проведення кампаній із підвищення обізнаності населення про пожежну безпеку, обмеження в'їзду транспортних засобів і заборона розведення вогню у пожежонебезпечний період.

У статті вказано на своєчасний моніторинг і виявлення пожеж за допомогою сучасних технологій, які дозволяють швидко виявляти загоряння та оцінювати ситуацію. Важливим є використання супутникових даних для фіксації гарячих точок і аналізу масштабу пожеж та систем відеоспостереження, використання безпілотників для патрулювання великих територій і виявлення пожеж у важкодоступних місцях та прогнозування пожежонебезпечних умов (температура, вологість, вітер) для визначення зон ризику.

Розглянуто питання оперативного реагування на виникнення лісових пожеж та вчасного їх гасіння, як ручного, так із залученням технологій. Доведено, що відновлення лісів після пожеж є важливою складовою для екологічного балансу та є потреба аналізу стану екосистеми й проведення коригувальних заходів. Значну увагу слід приділяти захисту біорізноманіття, особливо щодо захисту рідкісних видів флори і фауни, які можуть постраждати від пожеж.

Висвітлено питання впровадження інновацій для підвищення ефективності протипожежного захисту: використання алгоритмів для аналізу погодних даних і прогнозування пожеж, застосування мобільних додатків та автоматизованих систем реагування.

Протипожежний захист лісових екосистем сьогодні – це поєднання сучасних технологій, ефективного управління, соціальної відповідальності та адаптації до змін клімату. Комплексний підхід і швидке реагування допомагають мінімізувати збитки та забезпечувати стійкість лісових екосистем у майбутньому.

**Ключові слова:** лісові екосистеми, протипожежний захист, біорізноманіття, інновації, засоби гасіння, технології.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Значна кількість пожеж в Україні виникає щороку у природних екосистемах через лісові та трав'яні пожежі [1], що призводить до значних збитків у лісовому господарстві, погіршення екологічного стану та можливого скорочення біорізноманіття [2].

Україна наразі перебуває в епіцентрі небезпечних ситуацій через лісові пожежі. Масштабні лісові пожежі, що інтенсивно ширяться нашою державою впродовж останніх років мають глобальний прояв, оскільки можуть розповсюджуватися на значні території, зокрема і на суміжні держави [3]. Зазначено [4], що особливим чинником впливів на довкілля є пожежі, які виникають під час війни. Вони можуть виникати і неконтрольовано поширюватися у часі та просторі як у зоні активних бойових дій, так і далеко за її межами. Досліджено, що за два роки війни (2022–2024 рр.) горіло 8096 км<sup>2</sup> території України, 1047 км<sup>2</sup> – це ліси, що згоріли внаслідок війни та через неможливість рятувальників їх погасити. Вплив бойових дій наразі є однією з основних причин виникнення лісових пожеж, внаслідок чого пожежі характеризують як такі, що виникли «внаслідок обстрілів» та «пожежі на замінованих територіях» [5].

Система протипожежного захисту лісів в умовах сьогодення є недосконалою, оскільки залишається проблема щодо застосування незахищених від вражаючої дії зброї та боєприпасів лісових масивів. Питання щодо збереження природних, а саме лісових екосистем, є актуальним, особливо зараз, під час військових дій в Україні. Поряд із завданнями попередження, тактики гасіння пожеж є необхідність раціонального використання технічних засобів, які дають змогу ефективно локалізувати та ліквідувати такі пожежі [6].

**Мета дослідження** полягає у визначенні основних аспектів протипожежного захисту лісових екосистем на сучасному етапі та адаптувати їх до нових викликів сьогодення.

**Матеріал і методи дослідження.** Матеріалом для досліджень слугували наявні технології профілактики, моніторингу, оперативного реагування, відновлення лісових екосистем та збереження біорізноманіття [7–10]. Використовували методи: спостереження, опис, порівняння, аналіз [11].

**Результати дослідження та обговорення.** Перспективними можуть бути дослідження щодо вивчення та інтеграції передових технологій, дослідження впливу кліматичних умов та розробка адаптаційних стратегій [7].

Система протипожежного захисту лісових екосистем в сучасних умовах насамперед має бути спрямована на запобігання, виявлення й ефективну ліквідацію лісових пожеж та має базуватися на комплексному підході, який включає профілактичні, організаційні, технічні та оперативні заходи.

До профілактичних заходів можна віднести розчищення лісів (видалення сухостою, хмизу, опалого листя та інших легкозаймистих матеріалів); створення мінералізованих смуг (штучних зон без рослинності шириною 1–2 м), які запобігають поширенню вогню; будівництво протипожежних доріг для поділу лісових масивів; контроль за діяльністю людини (заборона розведення відкритого вогню у лісах у пожежонебезпечний період, розміщення інформаційних знаків і плакатів із правилами протипожежної безпеки, заборона спалювання сухої рослинності поблизу лісів).

Важливим профілактичним заходом є використання системи моніторингу та виявлення лісових пожеж [8, 9]. Загрози виникнення пожежі найбільші в період засухи та підвищеної температури повітря, що спричиняє високу пожежну небезпеку. Тому саме в такий період вводять режим підвищеного моніторингу щодо лісових угідь для працівників лісового господарства та Державної служби України з надзвичайних ситуацій [10]. Для раннього їх виявлення використовують сучасні технології та методи: спостережні пункти (встановлення пожежних веж у стратегічно важливих місцях із широким оглядом території); системи відеоспостереження (використання камер спостереження з датчиками диму та тепла); супутниковий моніторинг (використання даних зі супутників для фіксації осередків тепла й визначення зон ризику); безпілотники (використання дронів для регулярного патрулювання лісових територій і виявлення ранніх ознак загорянь); метеорологічні системи (прогнозування пожежонебезпечних умов на основі даних про температуру, вологість, вітер і кількість опадів).

Перспективними методами моніторингу та прогнозування пожежної небезпеки лісів стало в свій час дистанційне зондування Землі, штучний інтелект та системи підтримки прийняття рішень (СППР) [11–13]. З часом почали використовувати пілотовані і безпілотні літальні апарати [14, 15]. Для прогнозування пожежної небезпеки деякі дослідники вказують на необхідність об'єднання даних карт пожежної небезпеки за умовами погоди, нормалізованого диференційованого індексу вологи, нормалізованого вегетаційного індексу

су та теплових аномалій з лісотаксаційними даними [16–18]. В Україні, починаючи з 2007 року, розпочато розробку геоінформаційних систем лісотаксаційних даних. Від початку війни, на основі зафіксованих супутниками NASA даних, отримані відомості оперативної космічної зйомки Landsat 8 Global Fires I і матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) Terra MODIS. Результати моделювання показують локалізацію пожеж та дозволяють визначити пошкоджені природоохоронні території, цінні біотопи тощо. Цей метод не є досконалим, має невелику похибку, проте дозволяє зробити оцінку масштабів вигорання природних територій [4].

Завдяки розробці сучасних систем моніторингу стало можливим не лише швидко скоординувати дії пожежників і загасити вогонь, а також заздалегідь розпізнати пожежо-небезпечну зону [19].

Незалежно від того, якими чинниками (природними чи антропогенними) зумовлені лісові пожежі, їх ліквідації приділяють особливу увагу. Необхідно дотримуватися всіх законів з безпеки, політики щодо ризиків і процедур на рівні відомства або організації. Для оперативного гасіння пожеж застосовують наступні заходи: створення пожежних команд (підготовка спеціалізованих бригад із технікою для швидкого реагування); використання пожежних машин, водовозів, мотопомп, тракторів із плугами (для створення мінералізованих смуг); використання літаків і гелікоптерів для скидання води або спеціальних вогнегасних речовин на великі осередки вогню; локалізація пожеж (оточення осередку вогню, створення захисних смуг і контрольоване спалювання навколишньої рослинності, щоб обмежити поширення полум'я).

Організаційні заходи включають: планування (розробку планів протипожежного захисту для кожного лісництва); навчання та підготовка персоналу (проведення навчань для

лісників, пожежників і місцевих жителів із правил пожежної безпеки та дій у разі пожеж; співпрацю лісових господарств, Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) та органів місцевого самоврядування.

Слід звернути увагу на особливу потребу у створенні добровільних товариств з охорони лісу, оскільки органи лісового господарства не можуть забезпечити повністю своїми ресурсами його захист [10].

Для гасіння лісових пожеж використовують різні методи і засоби. Ручні інструменти використовують в операціях з управління пожежами. Деякі стандартні ручні інструменти можуть бути ефективними в боротьбі з пожежами. Здебільшого їх використовують для створення мінералізованих смуг. Вони можуть мати як багатоцільове використання, так і для виконання певних завдань. Є інструменти для копання, рубання, скобління, обприскування і гасіння пожежі методом закидання ґрунтом. У таблиці 1 наведено сфери застосування ручних інструментів.

Ручні інструменти для боротьби з пожежами можна використовувати як за прямої, так і непрямой атаки, залежно від діапазону висоти полум'я, на що вказують дані таблиці 2.

Одним із способів протидії пожежам є створення протипожежного бар'єру або мінералізованої смуги. Під час проєктування протипожежних бар'єрів слід враховувати геопросторове розміщення та щільність випадків лісових і ландшафтних пожеж, які здатні поширюватися на землі лісового фонду [21].

Мінералізована смуга – це будь-яка очищена смуга або частина протипожежного бар'єру, створена з метою розриву в горючих матеріалах для попередження поширення пожежі. Її можна створювати ручними інструментами або механізованим устаткуванням. В таблиці 3 наведено рекомендації щодо ширини мінералізованої смуги залежно від виду горючого матеріалу.

Таблиця 1 – Види ручних інструментів [20]

Копання	Скобління/ вигрібання	Рубка	Обприскування	Гасіння пожежі методом закидання ґрунтом/збивання
Лопата Штикова лопата Мотига Комбінований інструмент Горгі	Граблі Тяпка Граблі-мотика Маклеода Комбінований інструмент Горгі	Сокира Паласкі Комбінований інструмент Горгі Кушоріз Кривий ніж для вирубки чагарнику	Ранцевий обприскувач	Хлопавка Штикова лопата Лопата

Таблиця 2 – Висота полум'я, керівництво з тактики і методів [20]

Висота полум'я (м)	Значення
0–0,5	Пожежі зазвичай згасують самі
0,5–1,5	Інтенсивність пожежі невисока. Можна використовувати ручні інструменти в прямій атаці, щоб взяти пожежу під контроль.
1,5–2,5	Пожежа є занадто інтенсивною для прямої атаки ручними інструментами. Може знадобитися вода або бульдозери. Рекомендується флангова/паралельна атака.
2,5–3,5	Пожежа є занадто інтенсивною для прямої атаки з протипожежного бар'єру. Можуть знадобитися скид води з вертольотів і літаків. Флангова/паралельна атака, залежно від висоти полум'я на ділянці.
3,5–8	Дуже інтенсивна пожежа. Відпал або зустрічний низовий вогонь можуть зупинити головну частину пожежі. Рекомендуються флангова/паралельна і непряма атаки, залежно від висоти полум'я на ділянці.
8+	Екстремальне поширення пожежі. Рекомендуються стабільні стратегії.

Таблиця 3 – Рекомендації по ширині мінералізованої смуги [20]

Вид горючого матеріалу	Ширина очищеної смуги, м	Ширина в мінеральному ґрунті, м
Трава/зернові	0,5–1	0,5–1
Кущики	1–3,5	0,2–1
Ліс	6	1
Торф/коріння	0,5	0,5

Мінералізовані смуги можуть сповільнити або зупинити поширення лісової пожежі, але вони не впливають на показники природної пожежної небезпеки. Тому потрібно використовувати інші заходи, зокрема: будівництво лісових доріг, створення мобілізаційних планів реагування на випадок виникнення пожежі, впорядкування лісових водоймищ тощо. Такі організаційно-технічні заходи можуть удосконалити тактичну сторону боротьби з лісовими пожежами і потребують окремого дослідження [20].

У системі забезпечення охорони лісів від пожеж мало зустрічається інформації про протипожежне значення узлісь. Для захисту від пожеж лісів та населених пунктів, які з ним межують, потрібно створювати ефективні протипожежні бар'єри, що обмежать поширення вогню. Одним із таких підходів є формування пожежостійких узлісь із переважанням листяних деревних видів (дуб, береза, клен, ясен, липа тощо) [22].

Використання новітніх технологій у лісовій пірології полягає в автоматизації систем

спостереження (впровадження смартсистем, які автоматично фіксують пожежі й повідомляють про це відповідні служби); мобільні додатки (інформування громадян про рівень пожежної небезпеки через смартфони (наприклад, у реальному часі); використання спеціальних хімікатів (ретардантів), які запобігають поширенню вогню.

На засіданні Науково-технічної ради Держлісагентства України у грудні 2023 р. було розглянуто та схвалено до впровадження «Сервіс підтримки прийняття рішень під час гасіння лісових пожеж» з використанням веб-технологій із залученням сил і засобів ДСНС України. Програма складається з трьох додатків: додаток «Оптимізація розміщення систем відеоспостереження»; вебдодаток для створення мережі лісових доріг та вебдодаток з управління транспортом за гасіння пожеж. Сервіс дає можливість мобільним пристроям надсилати повідомлення про своє знаходження безпосередньо до бази даних або зберігати їх у локальній базі даних до появи мобільного інтернету. Окрема вебсторінка відображує

пожежі й ступінь їх розвитку за даними системи моніторингу пожеж та супутникових даних. Крім того, вона містить інтерфейс для розміщення транспорту вздовж контуру пожежі (рис. 1) [23].

Така система авторизованого доступу до вебдодатку має низку переваг, дозволяє контролювати транспорт та залучати транспортні засоби ДСНС через встановлення на них пристроїв спостереження.

Оперативні заходи є критично важливими для мінімізації шкоди від лісових пожеж. Їх ефективність залежить від:

- швидкого виявлення загоряння;
- професійної підготовки персоналу;
- наявності сучасного обладнання;
- чіткої координації дій усіх задіяних структур.

Своєчасне реагування та використання новітніх технологій значно знижують ризик масштабних лісових пожеж і зберігають природні ресурси.

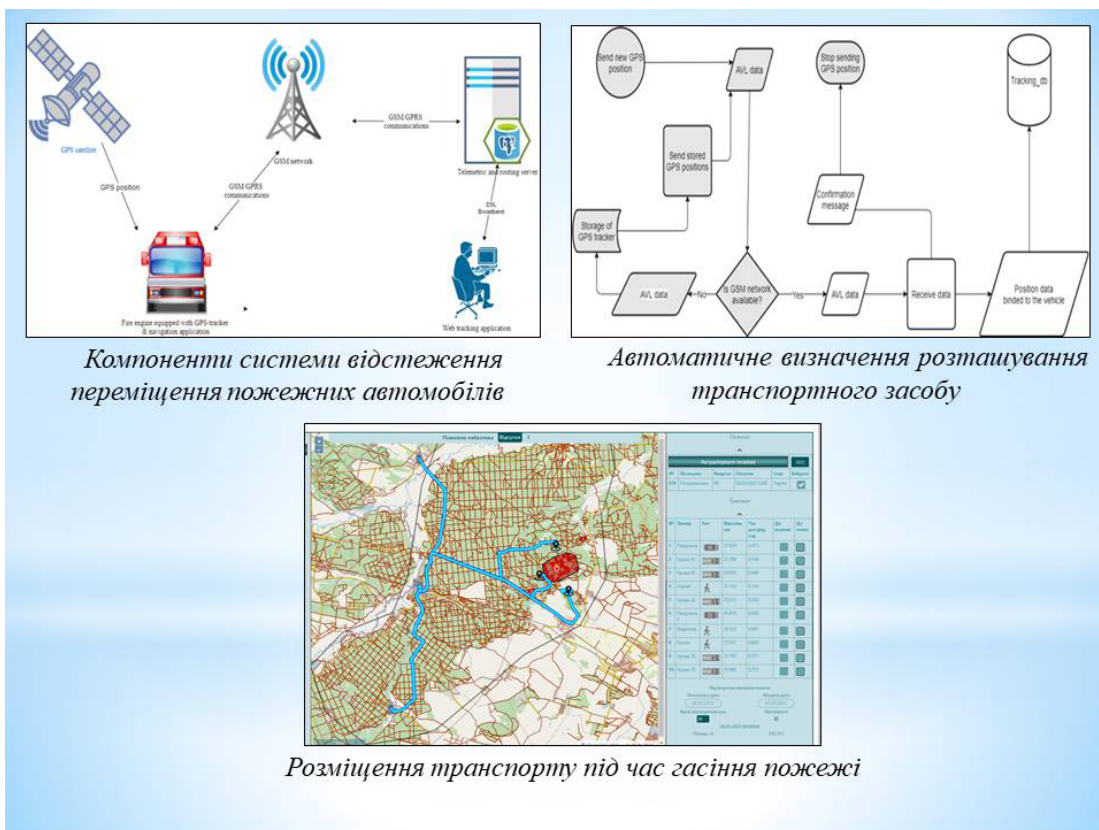
Важливим питанням є післяпожежна відновлювальна діяльність, що включає роботи для відновлення лісу – це насамперед заліснення (висадка нових дерев для відновлення знищеної рослинності). Основним етапом є і відновлення ґрунту (покращення

структури ґрунту, постраждалого від пожежі, за допомогою органічних добрив або посіву трав). Також необхідно провести оцінку біорізноманіття та впливу пожежі на фауну й флору.

Колективом авторів запропоновано класифікацію лісових пожеж за різних способів та характеристики методів їх попередження і управління ризиками, що впливають на їх виявлення (табл. 4) [24].

Доведено, що ведення лісового господарства в Україні, яке зумовлене глобальними кліматичними змінами, антропогенним впливом на довкілля тощо сприятиме виробленню чітких стратегічних і тактичних підходів для подальшого розвитку та покращення виконання лісом екологічних і соціальних функцій [24]. Важливим аспектом у вирішенні цього питання є система проти-пожежного захисту, що включає три основні функції:

- екологічну – збереження біорізноманіття та попередження деградації екосистем;
- економічну – зменшення збитків для лісового господарства та інфраструктури;
- соціальну – забезпечення безпеки людей, що проживають поблизу лісових масивів.



*Компоненти системи відстеження переміщення пожежних автомобілів*

*Автоматичне визначення розташування транспортного засобу*

*Розміщення транспорту під час гасіння пожежі*

**Рис. 1. Зображення супутникових даних розміщення транспорту вздовж контуру пожежі [23].**

Таблиця 4 – Характеристика методів попередження і управління ризиками виникнення лісових пожеж [24]

Ознака класифікації	Вид методу	Характеристика методу
За способом впливу	Нормативні правові	Створюють основу організаційних рішень, способів адміністрування, умов реалізації економічних та соціально-психологічних методів.
	Організаційні (адміністративні)	Передбачають організацію виконання цілей у межах нормативно-правових обмежень та здійснення контролю за дією економічних та соціально-психологічних методів.
	Економічні і соціально-психологічні	Визначають ефективну структуру адміністрування, її нормативну правову основу. Засновані на впливі на психологію людей.
За характером впливу	Превентивні	Спрямовані на недопущення чи запобігання виникненню несприятливого стану керованого об'єкта.
	Репресивні	Спрямовані на придушення стихійного лиха, що вже відбувається.
	Компенсаційні	Спрямовано на часткове або повне відшкодування втрат, завданих у ситуаціях ризику.
За спрямованістю дії	Зниження	Спрямовані на зменшення розмірів можливих збитків чи ймовірності настання несприятливих подій.
	Збереження	Не завжди означають відмову від дій щодо компенсації збитків. Для відшкодування збитків можуть створювати резервні фонди, залучати зовнішні джерела.
	Передача	Означають передачу відповідальності за ризики третім особам за збереження їхнього рівня.
За часом впливу	Дододійні	Планують та здійснюють завчасно: страхування, самострахування, запобіжні заходи та інші методи передачі і зниження ризиків.
	Післяподієві	Передбачають отримання коштів за ліквідацію збитків.

Доведено, що лісові пожежі негативно впливають на екологічний стан не лише лісу, а й довкілля, призводять до значних матеріальних збитків та незворотніх природних процесів, а ліквідація їх наслідків потребує проведення різних лісівничих заходів. У рослин, що зазнали ураження вогнем, відбуваються зміни фізіологічного стану, а інколи й повна їх загибель. Тому лісівнича галузь потребує розв'язання завдань зниження пожежної небезпеки у лісових екосистемах, проведення лісовідновлення та інших заходів, що впливають на пожежостійкість лісу [25].

На сьогодні можемо спостерігати негативний вплив пожеж після бойових дій і застосування російськими військами тактики

«випаленої землі», що призвели до значного збільшення втрат природних екосистем. Також таке явище може призвести до ерозії ґрунту. Розглянуті авторами лісові пожежі внаслідок війни – це лише одна з багатьох ланок її екологічних наслідків для природи України [4].

Отже, протипожежний захист включає соціальні та екологічні заходи із залученням громадськості (навчання місцевих жителів правил безпеки та участі в лісовій охороні), міжнародною співпрацею (обмін досвідом і ресурсами між країнами для ефективної боротьби з пожежами) та охороною біорізноманіття (захист рідкісних видів флори і фауни, які можуть постраждати від пожеж).



Рис. 2. Серебрянське лісництво, наслідки пожеж та військових дій на території заказника «Серебрянський».

Джерело: DeepStateUA [23].

**Висновок.** Протипожежний захист лісових екосистем у сучасних умовах є надзвичайно важливим завданням, яке потребує комплексного підходу. У зв'язку зі зміною клімату, антропогенним впливом, військовими діями та підвищенням частоти пожеж, сучасні заходи адаптують до нових викликів. Протипожежний захист лісових екосистем сьогодні – це поєднання сучасних технологій, ефективного управління, соціальної відповідальності та адаптації до змін клімату. Комплексний підхід і швидке реагування допомагають мінімізувати збитки та забезпечувати стійкість лісових екосистем у майбутньому.

В результаті огляду і аналізу протипожежного захисту лісових екосистем визначено основні аспекти:

- своєчасний моніторинг і виявлення пожеж за допомогою сучасних технологій дозволить швидко виявляти загоряння та оцінити ситуацію;

- використання супутникових даних для фіксації гарячих точок і аналізу масштабу пожеж та систем відеоспостереження;

- застосування безпілотників для патрулювання великих територій і виявлення пожеж у важкодоступних місцях;

- прогнозування пожежонебезпечних умов (температура, вологість, вітер) для визначення зон ризику;

- оперативне реагування на виникнення лісових пожеж та вчасної їх локалізації;

- відновлення лісів після пожеж для збереження екологічного балансу;

- захист біорізноманіття;

- впровадження інновацій для підвищення ефективності протипожежного захисту.

Отже, ефективна система протипожежного захисту потребує поєднання сучасних технологій, правильної організації та активної участі громадян.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кузик А.Д., Товарянський В.І. Вплив воєнних дій на лісові екосистеми України та їх післявоєнне відновлення. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2023. №27. С. 16–22. DOI: 10.32447/20784643.27.2023.02
2. Коробкіна К.М., Рибалова О.В. Вплив лісових пожеж на стан навколишнього природного середовища. Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених. Харків: НУЦЗУ, 2019. С. 385–386.
3. Гулак О.В. Причини виникнення лісових пожеж. Юридичний науковий електронний журнал. 2017. № 4. С. 62–79.
4. Василюк О., Коломицев Г., Пархоменко В. Ліси у вогнях війни. Втрачено понад 1000 квадратних кілометрів. 2024. URL: <https://uwecworkgroup.info/uk/flammes-of-war-how-ukraine-lost-over-1000-square-kilometers-of-forest/>
5. Пожежі під час війни в Україні. 2024. URL: <https://tlu.kiev.ua/pro-nas/novini-zakhodi/novina/article/pozhezh-pid-chas-viini-v-ukrajini.html>
6. Попович В., Коваль В., Товарянський В., Коваль Н. Аналіз пожежно-рятувальної техніки для гасіння пожеж у природних екосистемах. Енергоефективність, екологічність та безпечність автомобіля: збірник тез доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції. Львів: ЛДУ БЖД, 2024. 114 с.
7. Лозінська Т.П., Задорожний А.І., Мамчур В.В. Стратегії та методики зменшення ризику лісових пожеж та поширення шкідників. Наукові доповіді НУБіП. 2024. № 1/107. DOI: 10.31548/dopovid.1(107).2024.021
8. Орещенко А.В., Осадчий В.І., Савенець М.В., Балабух В.О. Виявлення і моніторинг потенційно небезпечних пожеж на території України за даними супутникового сканування. Вісник Національної академії наук України. 2020. № 11. С. 33–44.
9. Барабаш О., Бандурка О., Шпурик В., Свинчук О. Інформаційна система аналізу геоданих для відслідковування змін рослинності. Сучасні інформаційні системи. 2021. Т. 5. № 4. С. 17–25. DOI: 10.20998/2522-9052.2021.4.03
10. Муравський Л., Кошовий В., Мельничок Л. Структура та технологія побудови географічної інформаційної системи для екологічного моніторингу. Теоретична електротехніка. 2010. Вип. 61. С. 99–108.
11. Еколого-лісівничі основи пожежної безпеки лісів Малого Полісся: монографія / за ред. А.Д. Кузик. Львів: СПОЛОМ, 2019. 493 с.
12. Методика досліджень агроекосистем / Л.М. Карпук та ін. Біла Церква, 2024. 256 с.
13. Кузик А.Д., Товарянський В.І. Про пожежну небезпеку молодих соснових насаджень. Пожежна безпека. 2014. № 24. С. 68–73.
14. Головіна Н.В. Розроблення системи підтримки прийняття рішень для моніторингу та попередження лісових пожеж в Україні. Вісник

Херсонського національного технічного університету. 2024. № 2(89). С. 150–156. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2024.2.21

15. Salinero E.C., Chuvieco E. Wildland fire danger: estimation and mapping: the role of remote sensing data. World Scientific. 2003. 264 с.
16. Mycke-Dominko M. The remote sensing method of forest fire danger rating categorization. *Miscellanea geographica*. Warszawa, 2004. Vol. 11. P. 359–362.
17. Review of Satellite Remote Sensing Use in Forest Health Studies / J. Wanget et al. *The Open Geography Journal*. 2010. Vol. 3. P. 28–42.
18. Automatic Forest-Fire Measuring Using Ground Stations and Unmanned Aerial Systems / J.R. Martinez-de Dios et al. *Sensors*. 2011. Vol. 11. P. 6328–6353.
19. Мокрий В.І., Кучерявий В.П. Інформаційні технології моніторингу екосистем Шацького національного природного парку. Вісник Вінницького політехнічного інституту. Вінниця, 2006. № 5. С. 136–139.
20. Кошовий В.В., Муравський Л.І., Олійник О.Т. Стан розробки елементів географічної інформаційної системи Шацького національного природного парку. Науковий вісник Волинського національного університету ім. Лесі Українки. Екологія. 2009. № 1. Розділ II. С. 129–135.
21. Якщо ліс уже спалахнув, то вогонь треба локалізувати й зупинити. URL: <https://karbon-cns.com.ua/uk/liisovii-pozhezhii-yak-ekologichni-problema.html>
22. Стандарти і навчальні матеріали EuroFire. Фрайбург. Київ, 2016. URL: [EuroFire-Standards-Training-Materials-UKR.pdf](https://eurofire-standards-training-materials-ukr.pdf)
23. Рекомендації щодо заходів з підвищення пожежостійкості лісів та методика прогнозування їхнього післяпожежного розвитку / В.П. Ворон та ін. Харків: УкрНДІЛГА, 2019. 26 с. URL: [t7recommendationsforestsfireresistance.pdf](https://t7recommendationsforestsfireresistance.pdf)
24. Воротинський О.Г., Сошенський О.М., Токарева О.В. Класифікація узлісь як основа формування їхньої пожежостійкості. Ліси в умовах сучасних викликів: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і здобувачів. Харків: УкрНДІЛГА, 2022. 6 с.
25. Лісові пожежі: системи підтримки прийняття рішень. 2023. URL: <https://uriffm.org.ua/uk/news/506>
26. Лозінська Т.П. Проблеми пожежної небезпеки в лісовому господарстві. Формування сучасної наукової думки: матеріали міжнародної наукової конференції. Кропивницький, Україна: МЦНД, 2020. С. 71–73. DOI: 10.36074/31.01.2020.08

## REFERENCES

1. Kuzyk, A.D., Tovarjans'kyj, V.I. (2023). Vplyv vojnyh dij na lisovi ekosystemy Ukrainy ta i'h pisljavojenne vidnovlennja [The impact of military actions on the forest ecosystems of Ukraine and their post-war recovery]. *Visnyk L'vivskogo derzhavnogo universytetu bezpeky zhyttjedijal'nosti* [Bulletin



of the Lviv State University of Life Safety]. no. 27, pp. 16–22. DOI: 10.32447/20784643.27.2023.02

2. Korobkina, K.M., Rybalova, O.V. (2019). Vplyv lisovyh pozhezh na stan navkolysnogo pryrodного seredovyssha [The impact of forest fires on the state of the natural environment]. Problemy ta perspektyvy zabezpechennja cyvil'nogo zahystu: materialy mizhnarodnoi' naukovo-praktychnoi' konferencii' molodyh uchenyh [Problems and prospects of ensuring civil protection: materials of the international scientific-practical conference of young scientists]. Kharkiv, NUCZU, pp. 385–386.

3. Gulak, O.V. (2017). Prychyny vynyknennja lisovyh pozhezh [Causes of forest fires]. Jurydychnyj naukovyj elektronnyj zhurnal [Legal scientific electronic journal]. no. 4, pp. 62–79.

4. Vasylyuk, O., Kolomycev, G., Parhomenko, V. (2024). Lisy u vognjah vijny. Vtracheno ponad 1000 kvadratnyh kilometriv [Forests in the flames of war. More than 1,000 square kilometers were lost]. Available at: <https://uwecworkgroup.info/uk/flames-of-war-how-ukraine-lost-over-1000-square-kilometers-of-forest/>

5. Pozhezhni pid chas vijny v Ukraini [Fires during the war in Ukraine]. 2024. Available at: <https://tlu.kiev.ua/pro-nas/novini-zakhodi/novina/article/pozhezhni-pid-chas-viini-v-ukrajini.html>

6. Popovych, V., Koval', V., Tovarjans'kyj, V., Koval', N. (2024). Analiz pozhezho-rjatuval'noi' tehniky dlja gasinnja pozhezh u pryrodnyh ekosystemah [Analysis of fire-rescue equipment for extinguishing fires in natural ecosystems]. Energoefektyvnist', ekologichnist' ta bezpechnist' avtomobilja: zbirnyk tez dopovidej III Vseukrai'ns'koi' nauko-vo-praktychnoi' konferencii' [Energy efficiency, environmental friendliness and safety of the car: a collection of abstracts of reports of the 3rd All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Lviv, LDU BZhd, 114 p.

7. Lozins'ka, T.P., Zadorozhnyj, A.I., Mamchur, V.V. (2024). Strategii' ta metodyky zmenshennja ryzyku lisovyh pozhezh ta poshyrennja shkidnykiv [Strategies and techniques for reducing the risk of forest fires and the spread of pests]. Naukovi dopovidi NUBiP [Scientific reports of NUBiP]. no. 1/107. DOI: 10.31548/dopovidi.1(107).2024.021

8. Oreshhenko, A.V., Osadchij, V.I., Savenec', M.V., Balabuh, V.O. (2020). Vyjavlennja i monitoryng potencijno nebezpechnyh pozhezh na terytorii' Ukrainy za danymi suputnykovogo skanuvannja [Detection and monitoring of potentially dangerous fires on the territory of Ukraine based on satellite scanning data]. Visnyk Nacional'noi' akademii' nauk Ukrainy [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. no. 11, pp. 33–44.

9. Barabash, O., Bandurka, O., Shpuryk, V., Svynchuk, O. (2021). Informatsiyna systema analizu heodanykh dlja vidslidkovu-vannya zmin roslinnosti [Geodata Analysis Information System for Tracking Vegetation Changes]. Suchasni informatsi-yni systemy [Modern Information Systems]. no. 4, Vol. 5, pp. 17–25. DOI: 10.20998/2522-9052.2021.4.03.

10. Mokryj, V.I., Kucherjavij, V.P. (2006). Informacijni tehnologii' monitoryngu ekosystem Shac'kogo nacional'nogo pryrodного parku [Information technologies for monitoring the ecosystems of the Shatskyi National Nature Park]. Visnyk Vinnyts'kogo politehnichного instytutu [Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute]. no. 5, pp. 136–139.

11. Kuzyk, A.D. (2019). Ekologo-lisivnychi osnovy pozheznoi' bezpeky lisiv Malogo Polissja: monografija [Ecological and forestry basics of fire safety in the forests of Maly Polissia]. Lviv, SPO-LOM, 493 p.

12. Karpuk, L.M., Rozhkov, A.O., Shoh, S.S., Filipova, L.M., Pavlichenko, A.A., Kubrak, S.M., Shubenko, L.A., Glevas'kyj, V.I., Titarenko, O.S. (2024). Metodyka doslidzhen' agroekosystem [Research methodology of agroecosystems]. Bila Tserkva, 256 p.

13. Kuzyk, A.D., Tovarjans'kyj, V.I. (2014). Pro pozheznu nebezpeku molodyh sosnovykh nasadzen' [About the fire hazard of young pine plantations]. Pozhezna bezpeka [Fire safety]. no. 24, pp. 68–73.

14. Golovina, N.V. (2024). Rozroblennja systemy pidtrymky pryjnattja rishen' dlja monitoryngu ta poperedzhennja lisovyh pozhezh v Ukraini [Development of a decision support system for forest fire monitoring and prevention in Ukraine]. Visnyk Hersons'kogo nacional'nogo tehnichного universytetu [Bulletin of the Kherson National Technical University]. no. 2(89), pp. 150–156. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2024.2.21

15. Salinero, E.C., Chuvieco, E. (2003). Wildland fire danger: estimation and mapping: the role of remote sensing data. World Scientific, 264 p.

16. Mycke-Dominko, M. (2004). The remote sensing method of forest fire danger rating categorization. *Miscellanea geographica*. Warszawa, Vol. 11, pp. 359–362.

17. Wang, J., Sammis, T.W., Gutschick, V.P. (2010). Review of Satellite Remote Sensing Use in Forest Health Studies. *The Open Geography Journal*. Vol. 3, pp. 28–42.

18. Martinez-de Dios, J.R., Merino, L., Caballero, F. (2011). Automatic Forest-Fire Measuring Using Ground Stations and Unmanned Aerial Systems. *Sensors*. Vol. 11, pp. 6328–6353.

19. Muravs'kyj, L., Koshovyj, V., Mel'nychok, L. (2010). Struktura ta tehnologija pobudovy geografichnoi' informacijnoi' systemy dlja ekologichного monitoryngu [The structure and technology of building a geographic information system for environmental monitoring]. *Teoretychna elektrotehnika* [Theoretical electrical engineering]. Issue 61, pp. 99–108.

20. Koshovyj, V.V., Muravs'kyj, L.I., Olijnyk, O.T. (2009). Stan rozrobky elementiv geografichnoi' informacijnoi' systemy Shac'kogo nacional'nogo pryrodного parku [The state of development of the elements of the geographic information system of the Shatskyi National Nature Park]. *Naukovyj visnyk Volyn'skogo nacional'nogo universytetu im. Lesi Ukrainky*. *Ekologija* [Scientific Bulletin of the Volyn National University named after Lesya Ukrainka. Ecology]. no. 1, Section II, pp. 129–135.

21. Jakshho lis uzhe spalahnuv, to vagon' treba lokalizuvaty j zupynyty [If the forest has already caught fire, the fire must be localized and stopped]. Available at: <https://karbon-cns.com.ua/uk/liiso-vii-pozhezhii-yak-ekologichni-problema.html>

22. Standarty i navchal'ni materialy EuroFire [EuroFire standards and training materials]. Frajburg, Kyiv, 2016. Available at: [EuroFire-Standards-Training-Materials-UKR.pdf](#)

23. Voron, V.P., Koval', I.M., Sydorenko, S.G., Mel'nyk, Je.Je., Bologov, O.Ju., Tkach, O.M., Tymoshuk, I.V. (2019). Rekomendacii' shhodo zahodiv z pidvyshhennja pozhezhostijkosti lisiv ta metodyka prognovuvannja i'hn'ogo pisljapozhezhnogo rozvytku [Recommendations on measures to increase the fire resistance of forests and the method of forecasting their post-fire development]. Kharkiv, UkrNDILGA, 26 p. Available at: [t7recommendationsforestsfireresistance.pdf](#)

24. Vorotyns'kyj, O.G., Soshens'kyj, O.M., Tokarjeva, O.V. (2022). Klasyfikacija uzlis' jak osnova formuvannja i'hn'oi' pozhezhostijkosti [Classification of woods as a basis for the formation of their fire resistance]. Lisy v umovah suchasnyh vyklykiv: materialy mizhnarodnoi' naukovo-praktychnoi' konferencii' molodyh uchenyh, aspirantiv i zdobuvachiv [Forests in the conditions of modern challenges: materials of the international scientific and practical conference of young scientists, graduate students and applicants]. Kharkiv, UkrNDILGA. 6 p.

25. Lisovi pozhezhi: systemy pidtrymky pryjnjattja rishen' [Forest fires: decision support systems]. 2023. Available at: <https://uriffm.org.ua/uk/news/506>

26. Lozins'ka, T.P. (2020). Problemy pozhezhoi' nebezpeky v lisovomu gospodarstvi [Problems of fire danger in forestry]. Formuvannja suchasnoi' naukovo'i' dumky: materialy mizhnarodnoi' naukovo'i' konferencii' [Formation of modern scientific thought: materials of the international scientific conference]. Kropyvnyckiy, MCND, pp. 71–73. DOI: 10.36074/31.01.2020.08

### Review and main aspects analysis of fire protection of forest ecosystems in current conditions

Lozinska T., Sytnyk O., Velyka K.

In today's world fire protection is considered to be of great importance for forest ecosystems. Thus,

it requires complex approaches. The main aspects include rapid response, prevention, monitoring and post-fire regeneration. Due to climate change, anthropological impact and increased forest fire frequency modern measures are adapted to new challenges.

Forest fire prevention is the basic element of fire safety aimed at avoiding fires. Such preventive measures include forest clearing, creating of firebreaks, raising of public awareness of fire safety, and restricting of vehicle entry and fire burning during fire danger periods.

This article points out the necessity of timely fire monitoring and detection using new technologies that enable recognition of fire ignition and estimation of the situation.

It is important to use satellite data, video surveillance systems to pinpoint areas of fire ignition and analyze the forest fire extent. Drones are also used for patrolling large territories, fire detection in hard-to-reach areas, and weather forecasting (temperature, humidity, wind) in order to identify fire risk zones.

The issues of rapid response to forest fires and their timely extinguishing, both manually and with the use of technology, were considered.

It has been proven that forest restoration after fires is an important component of ecological balance. There is a need to analyze the ecosystem state and apply corrective measures.

Considerable attention should be paid to the protection of biodiversity, especially to the protection of rare species of flora and fauna that may be affected by fires.

The issues of implementing innovations to improve the efficiency of fire protection are covered: the use of algorithms for analyzing weather data and forecasting fires, the use of mobile applications and automated response systems.

Fire protection of forest ecosystems today is a combination of modern technologies, effective management, social responsibility and adaptation to climate change. An integrated approach and rapid response help to minimize damage and ensure the sustainability of forest ecosystems in the future.

**Keywords:** forest ecosystems, fire protection, biodiversity, innovations, extinguishing agents, technologies.



Copyright: Лозінська Т.П., Ситник О.С., Велика К.І. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Лозінська Т.П.

Ситник О.С.

Велика К.І.

<https://orcid.org/0000-0002-7119-0759>

<https://orcid.org/0009-0002-2637-1849>

<https://orcid.org/0000-0001-8419-5092>