

Хабарова Г. В., канд. техн. наук, ст. дослідник

Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», м. Харків, Україна

Коваленко Г. Д., д-р фіз.-мат. наук, проф.

Інститут фізики високих енергій і ядерної фізики, Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» Національної академії наук України», м. Харків, Україна

Барбашев С. В., д-р техн. наук, проф.

Національний університет «Одеська політехніка» м. Одеса, Україна

ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ВІЙНИ У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Згідно звіту World Meteorological Organization (WMO) про якість повітря та клімат за вересень 2025 року [1] відслідковується складна взаємодія між якістю повітря та кліматом та наголошується, що обидві проблеми необхідно розглядати разом для захисту здоров'я людини, екосистем та економіки. У звіті висвітлено роль аерозолів, особливо твердих частинок PM_{2,5} як наслідок забруднення атмосферного повітря у містах, при виникненні лісових пожеж з акцентом на вибір засобів спостереження стану атмосферного повітря.

Звіт WMO [1] та наші дослідження для України [2] основне значення приділяють супутниковим технологіям, які дають найважливіші відомості у доповнення до наземних мереж моніторингу, які необхідні для калібрування та перевірки.

За загальною динамікою в Україні у 2024 році площа пожеж перевищила 965 000 га, що більше ніж удвічі вищий показник, ніж в інших країнах Європи того року [3].

За 2023 рік в Україні трапилось понад 2 185 лісових пожеж, які охопили близько 226 400 га найвищий показник за весь період спостережень. Супутникові та дослідницькі дані вказують, що в 2022–2024 рр. попри зниження кількості окремих вогнищ (близько 3 000 осередків у 2024 р.), площа горіння залишається надвисокою та складала майже 0,8 млн. га.

Проведені дослідження щодо кількості лісових пожеж залишаються надзвичайно актуальними у всіх країнах світу, особливо в контексті зміни клімату. Щорічно у США реєструється близько 130 тисяч лісових пожеж, а загальна площа вигорання становить до 3 млн. гектарів. У Португалії та Іспанії зареєстровано від 156 та 210 тисяч пожеж відповідно. В Україні у довоєнний період було зареєстровано

понад 30 000 лісових пожеж, серед яких вогнем було пошкоджено 34 тисячі гектарів лісу [4]. Отже, актуалізація проблеми лісових пожеж у світі, причиною яких, майже у всіх випадках є антропогенний вплив, та їх наслідків, потребує значної уваги серед науковців.

Особливості проведення моніторингу стаціонарними засобами в умовах війни визначаються значним зростанням кількості пожеж у лісових, сільських, природоохоронних територіях через артилерійські обстріли; вибухи боєприпасів; мінування територій; обмежений доступ до територій для рятувальників ДСНС України.

Дослідження глобальної системи Global Wildfire Information System (GWIS) [5] показують, що Харківський регіон є одним із лідерів за загальною площею горіння та складає близько 4 % від загального об'єму лісових пожеж в Україні [6] та одним із найуразливіших через близькість до зони бойових дій. Найбільш постраждалими районами є: Дергачівський, Чугуївський, Богодухівський та Куп'янський райони.

За даними дослідження за 2024 рік в Україні [7] лісові пожежі внаслідок збройної агресії РФ проти України сприяли збільшенню загального обсягу викидів парникових газів майже до 230 млн. т за три роки війни. Ці викиди оцінюються у 55 млн т за рік війни. Дослідження [7] за 2024 рік показало також, що в Україні згоріло 92 100 гектарів, що більш ніж удвічі перевищує середньорічний показник (38 300 гектарів, знищених за два попередні роки), що загалом призвело до викидів майже 49 млн. т CO₂-еквівалента за три роки та 16,9 млн. т CO₂-еквівалента за 2024 рік.

Оцінювання наслідків лісових пожеж та масштабів руйнувань екосистем із навантаженням на стан атмосферного повітря з використанням новітніх технологій та науково обґрунтованих підходів в умовах воєнного стану в Україні є актуальністю проведення даного дослідження.

Метою роботи є аналіз даних дистанційного моніторингу стану атмосферного повітря, який утворився внаслідок пожеж, з урахуванням існуючих в Європі платформ та засобів.

Виклики щодо проведення дистанційного моніторингу атмосферного повітря в Україні в умовах війни: мінування територій, що унеможлиблює наземний контроль; ризик для екіпажів ДСНС України та БПЛА через артобстріли; недоступність частини супутникових даних високої роздільності, а також висока вартість користування міжнародними платформами.

Важливо відмітити, що високий рівень задимленості атмосферного повітря викликає ризики для здоров'я цивільного населення.

Засоби дистанційного моніторингу, які у світі використовуються для ідентифікації осередків лісових пожеж, представлено нижче із їх характеристикою.

Супутниковий моніторинг представлено даними отриманими із міжнародних платформ та систем:

- Copernicus (Sentinel-2, Sentinel-3) [8];
- NASA FIRMS (MODIS, VIIRS) — виявлення активних термальних аномалій у режимі майже реального часу [9];
- Система EFFIS (ЄС) — прогнозування та спостереження за пожежами [10].

БПЛА та безпілотні системи. В Україні вже є досвід застосування автономної безпілотної авіаційної системи «Menatir», яка може здійснювати цілодобовий моніторинг великої території та картографування за допомогою безпілотників. Основними функціями БПЛА та безпілотних систем є: виявлення точок займання; тепловізійний контроль та передача даних у реальному часі та використання військових та цивільних дронів для моніторингу пожеж у районах обмеженого доступу. Однак, попри переваги, використання БПЛА та безпілотних систем для оперативного контролю навколишнього середовища та виявлення наслідків лісових пожеж у воєнний період в Україні є обмеженим та потребує дозволу військових адміністрацій.

Громадські мережі та відкриті платформи, які використовують дані супутників з міжнародних платформ (NASA) [9], та представлені в Україні:

- EcoCity, SaveEcoBot [11] — інтеграція даних про задимленість та якість повітря;
- OpenAQ [12] — дані з супутників та наземних станцій, які показують напрямок вітру, осередок пожеж, пошкоджену площу у гектарах та стан якості атмосферного повітря.

Основні інструменти дистанційного моніторингу та сфера їх застосування наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 — Основні платформи та системи дистанційного моніторингу

Інструмент	Застосування	Досвід використання в Україні
NASA FIRMS	Виявлення пожеж, теплові аномалії	Під час обстрілів у Харківській, Донецькій та Луганській областях

Sentinel Hub EO Browser	Аналіз знімків Sentinel-2	Оцінка масштабу лісових пожеж
Google Earth Engine	Обробка супутникових даних	Масштабні оцінки збитків
MENATIR	Аеророзвідка пожеж за допомогою дронів	Над Харківською обл. у 2022–2024 рр.
EFFIS (ЄС)	Оцінка ризиків пожеж, моделювання	Доступна для України з 2022 р.

EFFIS – Європейська система інформації про лісові пожежі, яка підтримує служби, відповідальні за захист лісів від пожеж у ЄС та сусідніх країнах, а також надає службам Європейської Комісії та Європейському парламенту актуальну та достовірну інформацію про лісові пожежі в Європі. З 2015 року EFFIS стала одним із компонентів Служб управління надзвичайними ситуаціями в програмі ЄС Copernicus [8]. Дані щорічного звіту [8], який містить комплексний аналіз сезону лісових пожеж 2024 року на основі даних EFFIS та доповнюють дані в режимі реального часу, надані у веб-додатках EFFIS. Вони співвідносять їх із впливом лісових пожеж та представлені у вигляді згорілих площ, які відображені на карті EFFIS.

Глобальна інформаційна система про лісові пожежі (GWIS) [5] – це спільна ініціатива робочих програм GEO та Copernicus та містить об'єднані існуючі джерела інформації на регіональному та національному рівнях, щоб забезпечити комплексне уявлення та оцінку пожеж із їх наслідками на глобальному рівні; пожежі, що відображаються на карті GWIS, можуть включати пожежі, навмисно підпалені з метою управління рослинністю. Крім того, GWIS надає інструменти для підтримки оперативного управління лісовими пожежами від національного до глобального масштабу.

GWIS базується на поточній діяльності EFFIS [6], Групи з впровадження пожеж Глобальної наземної системи спостереження (GTOS), Глобального спостереження за лісовим покривом – Глобального спостереження за динамікою землі (GOFC-GOLD), (GOFC Fire IT) та пов'язаних з ними регіональних мереж, доповнюючи існуючу діяльність, що проводиться по всьому світу щодо збору інформації про лісові пожежі.

GWIS складається з п'яти програм:

- Current Situation Viewer;
- Current Statistics Portal;
- Country Profile;
- Long-term fire weather forecast;

- Data&Services.

Для проведення дистанційного моніторингу лісових пожеж розглянемо програми: Current Situation Viewer (Переглядач поточної ситуації) та Long-term fire weather forecast (Довгостроковий прогноз пожежної погоди), яка відображає щомісячний та сезонний прогноз аномальних температур та опадів, які очікуються у регіонах Європи та Середземномор'я.

Програма Current Situation Viewer надає інформацію майже в режимі реального часу щодо:

- 1) прогнозів пожежної небезпеки до 10 днів наперед на основі Канадського індексу пожежної погоди (FWI);
- 2) випадків блискавок;
- 3) активні виявлення пожеж від датчиків NASA MODIS та VIIRS;
- 4) периметру площі вигорання майже в режимі реального часу, отримані від MODIS та VIIRS;
- 5) викидів пожеж від служби Copernicus CAMS.

На рисунку 1 червоним та фіолетовим кольором показано осередки пожеж, а жовтим та зеленим - розповсюдження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за даними супутникових спостережень у режимі реального часу.

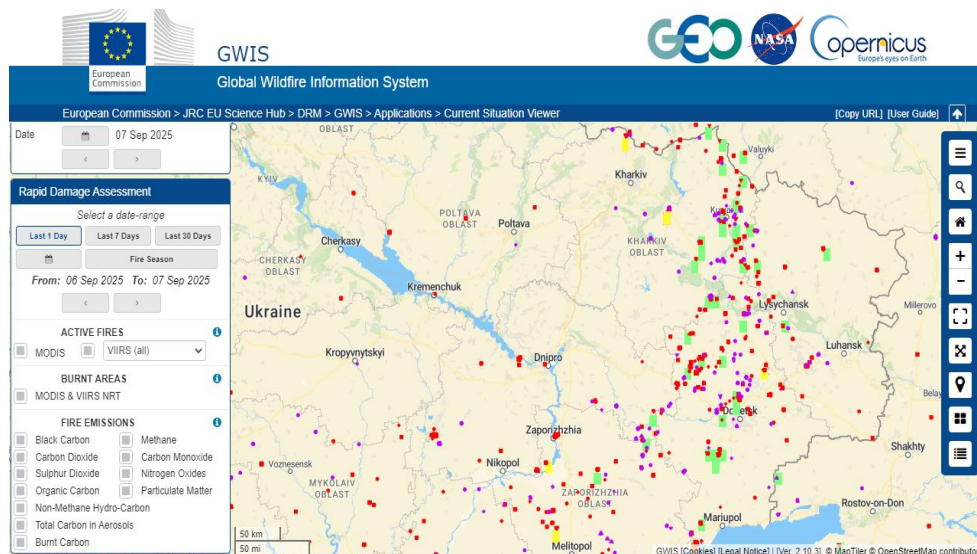


Рисунок 1 - Візуалізація карти із осередками пожеж та викидами в атмосферне повітря

На платформі NASA FIRMS [5] доступні дані про активні пожежі за допомогою спектрорадіометру з візуалізацією середнього дозволу (MODIS), набору радіометрів з візуалізацією у видимому інфрачервоному діапазоні (VIIRS) та Landsat, програми

супутникового спостереження за Землею, яка керується NASA та Геологічною службою США USGS за останні 24, 48 годин та 7 днів.

Дослідження дистанційного моніторингу за допомогою міжнародних платформ, даних, представлених у міжнародних звітах [13] та повідомленнях ДСНС України представлено у таблиці 2 із площами лісових пожеж у Харківській області за 2022–2025 рр.

Аналіз даних, отриманих за результатами дослідження показали, що найвищий пік спостерігався у 2022 році (181 400 га). Основний вплив був спричинений в результаті обстрілів і мінування. У серпні 2024 року спостерігався другий за масштабом пік (25 500 га), пов’язаний із загостренням бойових дій. У травні 2024 року — середній рівень активності (3 700 га).

Таблиця 2 — Площі лісових пожеж у Харківській області за період 2022–2025 рр.

Рік / Період	Площа пожеж (га)	Примітка
2022	181 400	Масштабні втрати через обстріли, мінування. Найбільші пожежі в Ізюмському та Вовчанському районах.
Травень 2024	3 700	14 активних вогнищ, найбільші — Ізюм, Старий Салтів. Частково локалізовано — 2 300 га.
Червень 2024	280	Сезонні природні пожежі та локальні займання після вибухів.
Серпень 2024	25 500	37 масштабних пожеж, більшість у Вовчанському та Куп’янському районах.
Вересень 2024	467,7	115 зафіксованих пожеж.
Травень 2025	85	8 пожеж, найбільша — у районі Ізюму.

Спади у червні 2024 (280 га) та травні 2025 (85 га) показують локалізовані інциденти або сезонні природні пожежі. Дані дослідження, наведені у таблиці 2, показують різке зростання площі лісових пожеж під час бойових дій у 2022 році та серпні 2024 років. У міжсезоння спостерігаються коливання залежно від інтенсивності обстрілів та мінування територій. Попри зменшення активності у 2025 році, ризики залишаються надзвичайно високими в умовах збройної агресії рф проти України.

SaveEcoBot [7] також показує карту якості повітря з напрямком та швидкістю вітру та аналіз і карту пожеж в Україні з деталізацією для кожної області. SaveEcoBot автоматично збирає дані з системи FIRMS NASA щогодини, аналізує пожежі в Україні, підраховує їх кількість та відображає на карті пожеж. Карта показує динаміку пожеж на

території України та окремо в кожній області за останні 3 роки в режимі реального часу за останні 24 години. Відмітимо, що кількість пожеж в Харківській області восени 2024 року площею понад 1 гектар зросла у 36 разів порівняно з роком початку війни і залишається значним джерелом викидів парникових газів.

Спостереження за кількістю осередків пожеж в Харківській області за останні 24 години станом на 5 вересня 2025 р. – 25, а станом на 9 вересня — 33. Загальна кількість осередків пожеж в Україні станом на 5 вересня 2025 р. — 565.

В Україні в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення необхідно проводити оцінювання, уніфікацію та інтеграцію даних моніторингу пожеж з використанням дистанційного зондування, що дозволить прогнозувати зміни концентрацій в атмосферному повітрі забруднюючих речовин та їх вплив на зміну клімату в рамках Плану відновлення України, особливо на територіях, на які неможливо потрапити або вони є небезпечними для відбору проб атмосферного повітря мобільними та наземними станціями моніторингу.

Пропонуємо:

- розширити використання супутникового моніторингу стану атмосферного повітря взагалі, у т.ч. моніторингу пожеж, з використанням платформ NASA, Copernicus та FIRMS та створити локальні центри обробки та аналізу супутникових даних на базі ДСНС України і громадських платформ;

- відповідним структурам розробити механізм щодо забезпечення БПЛА екологічних служб і громад;

- розробити законодавчі механізми використання військових і цивільних БПЛА, в тому числі для моніторингу лісових пожеж, з метою попередження наслідків збройної агресії РФ проти України для довкілля та здоров'я людини.

Література

1. WMO Air Quality and Climate Bulletin No. 5 – September 2025. URL: https://library.wmo.int/viewer/69625/download?file=Air-Quality-and-Climate-Bulletin_5_en.pdf&type=pdf&navigator=1.
2. Khabarova H.V., Kovalenko G.D., Barbashev S.V. Application of satellite technologies for monitoring the radiation state of the atmospheric air during the war and post-war reconstruction of Ukraine. Problems of Atomic Science and Technology. 2025. № 3(157). P. 194–199. DOI: <https://doi.org/10.46813/2025-157-194>.

3. Ukraine hit by record-breaking wildfires in 2024. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC141505>.
4. Yevhen Melnyk, Vladimir Voron. Tendencies of Fire Development in the Forests of Ukraine. Environ. Sci. Proc. 2021, 3(1), 106. <https://doi.org/10.3390/IECF2020-08064>.
5. Global Wildfire Information System. (GWIS). URL: <https://gwis.jrc.ec.europa.eu/applications>.
6. Anatolii Vorobiev. Analysis of Forest Fire Statistics and Their Impact on Ukraine's Climate Based on Satellite Imagery Data Processing in the Global Information System GWIS / Techniques for Earth observation data acquisition, processing and interpretation. Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2025.12.1.279>.
7. Forest fires push up greenhouse gas emissions from war in Ukraine. URL: <https://www.theguardian.com/world/2025/feb/24/forest-fires-push-up-greenhouse-gas-emissions-from-war-in-ukraine>.
8. Copernicus Data Space Ecosystem. URL: <https://dataspace.copernicus.eu/>.
9. FIRMS. URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map>
10. European Forest Fire Information System (EFFIS). URL: <https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/>
11. Saveecobot. URL: <https://www.saveecobot.com/analytics/fires/kharkivska-oblast?days=1095>
12. IQAir. URL: <https://www.iqair.com/air-quality-map>.
13. Devastating forest loss in Ukraine highlights war's environmental toll. URL: https://phys.org/news/2025-03-devastating-forest-loss-ukraine-highlights.html?utm_source=chatgpt.com.