

# СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ТЕХНІКА ТА ОБЛАДНАННЯ ЗАХИСТУ ПРИРОДИ ТА ЛЮДИНИ

*Гончарова К. С., студ. (гр. ВВ-31, ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського);  
Мітюк Л. О., к.т.н., доц. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

**Анотація.** У статті систематизовано сучасні технології, техніку та обладнання, що застосовуються для захисту довкілля і безпеки людини. Показано, що найбільшу ефективність дає поєднання стаціонарного та мобільного моніторингу, дистанційного зондування Землі, безпілотних платформ, інтернету речей, штучного інтелекту, систем раннього сповіщення, засобів індивідуального захисту, фільтраційних і ремедіаційних рішень, а також роботизованих систем реагування. Окрему увагу приділено українським і європейським прикладам впровадження, а також питанням точності, вартості життєвого циклу, технічного обслуговування, нормативного забезпечення й етики. Обґрунтовано, що пріоритетом має бути не точкове придбання окремих пристроїв, а створення інтегрованих, інтероперабельних і людиноцентричних систем захисту.

**Ключові слова:** моніторинг довкілля, дистанційне зондування, IoT, дрони, штучний інтелект, раннє сповіщення, ЗІЗ, фільтрація, ремедіація, роботизоване реагування.

**Abstract.** The paper systematises modern technologies, techniques and equipment used for environmental protection and human safety. It argues that the best performance is achieved through integrated architectures combining reference monitoring, low-cost sensor networks, Earth observation, UAVs, IoT communication, artificial intelligence, early-warning systems, personal protective equipment, filtration and remediation solutions, and disaster-response robotics. Ukrainian and European case studies are reviewed together with effectiveness, limitations, life-cycle costs, maintenance burdens, regulatory requirements and ethical concerns. The study concludes that the strategic priority should be the deployment of interoperable, evidence-based and human-centred protection systems rather than isolated devices.

**Keywords:** environmental monitoring, remote sensing, IoT, drones, artificial intelligence, early warning, PPE, filtration, remediation, response robotics.

**Вступ.** В умовах зростання кліматичних, техногенних, воєнних і санітарно-екологічних ризиків захист природи та людини дедалі більше залежить від якості даних, швидкості їх інтерпретації та здатності системи перейти від спостереження до попередження й реагування. В українському правовому полі моніторинг довкілля розглядається як інструмент державного природоохоронного управління, а право громадян на доступ до інформації про стан довкілля закріплено як базовий принцип функціонування державної системи моніторингу. Тому під сучасними технологіями захисту природи та людини доцільно розуміти сукупність апаратних, програмних і організаційних засобів, які виявляють небезпеку, оцінюють ризик, знижують вплив шкідливих факторів та забезпечують безпечне відновлення після події [2].

**Аналіз стану питання.** На практиці сучасний контур захисту формується як багаторівнева система. На нижньому рівні працюють референтні станції, лабораторії, польові датчики та сенсорні мережі. На середньому – IoT-інфраструктура, геоінформаційні сервіси, супутникові платформи та безпілотні системи. На верхньому – модулі аналітики, прогнозування, оцінки ризику та управління реагуванням. Саме таку логіку підтримує програма Copernicus, що поєднує супутникові та in-situ дані й надає відкритий доступ до значної частини інформації. У межах Європейський Союз це вже стало основою для рішень у сфері повеней, пожеж, землекористування та кризового менеджменту [3].

**Мета роботи** полягає в узагальненні сучасних технологій, техніки та обладнання захисту природи й людини, визначенні їхніх переваг і меж застосування, а також у формуванні практичних рекомендацій для академічної та прикладної діяльності.

**Методики, матеріали і результати досліджень.** Перший блок технологій – це моніторингові сенсори, автоматизовані пости та IoT-мережі. Їхня головна перевага полягає у високій часовій роздільності та можливості деталізувати локальну картину забруднення або іншої небезпеки. Водночас низьковартісні сенсори не слід змішувати з референтними засобами вимірювання: для них критичними є калібрування, порівняння з еталонними приладами, контроль дрейфу та перевірка придатності даних для конкретної задачі. Окремі європейські кейси показують, що найкращий результат досягається тоді, коли мережі громадянських сенсорів не замінюють офіційний моніторинг, а доповнюють його після належної калібровки й обробки.

Другий блок – дистанційне зондування та безпілотні платформи. Супутникові сервіси забезпечують макрорівневе спостереження, повторюваність і незалежність від доступу до небезпечної території, тоді як БПЛА дають локальну, оперативну та високодеталізовану інформацію для картування пожеж, розливів, пошкоджень інфраструктури, стану рослинності або параметрів водних об'єктів. Переваги дронів особливо помітні там, де наземний доступ ускладнений. Проте обмеження також очевидні: ресурс батареї, метеочутливість, ризик втрати апарата, вимоги до підготовки пілотів, обробки даних та дотримання правил безпечної експлуатації й захисту персональних даних. Саме тому регуляторні підходи European Union Aviation Safety Agency ґрунтуються на ризик-орієнтованій моделі, а будь-яка операція з обробкою персональних даних має проходити окрему правову оцінку [4].

Третій блок – штучний інтелект і системи раннього сповіщення. Їхня функція полягає не лише в автоматизації розпізнавання, а й у зшиванні різнорідних джерел даних: сенсорів, метеопрогнозів, супутникових знімків, карт ризику, повідомлень громадян і журналів інцидентів. За даними World Meteorological Organization, раннє попередження, видане щонайменше за 24 години, може зменшити збитки від лиха приблизно на 30 %. Водночас, United Nations Office for Disaster Risk Reduction фіксує, що країни з обмеженим або помірним рівнем розвитку багатонебезпечних систем раннього сповіщення мають майже у шість разів вищий показник смертності від лих порівняно з країнами, де

такі системи розвинені краще. Проте AI-рішення не є нейтральними за замовчуванням: для високоризикових застосувань потрібні тестування, документований аналіз ризиків, людський нагляд, належні набори даних і регулярний перегляд моделей протягом усього життєвого циклу.

Четвертий блок охоплює засоби індивідуального захисту, фільтрацію та ремедіацію. За ієрархією контролів Occupational Safety and Health Administration, ЗІЗ є останнім рубежем, а не повноцінною заміною інженерним та організаційним заходам. Їхня ефективність прямо залежить від підбору під конкретну небезпеку, навчання користувача, регулярних перевірок і своєчасної заміни. Для захисту від аерозольних домішок важливими є HEPA-фільтри, які за визначенням здатні затримувати щонайменше 99,97 % частинок розміром 0,3 мкм. У випадку забруднених ґрунтів і вод застосовуються технології pump-and-treat, моніторована природна атенюація, а також in situ-рішення, вибір яких залежить від типу забруднювача, гідрогеології, доступності майданчика та цільових нормативів очищення [5].

П'ятий блок – безпекові технології для відновлюваної енергетики та роботизоване реагування. Фотоелектричні системи мають специфічні електричні ризики, зокрема DC arc flash, тому потребують детекції дуги, правильно підбраного ЗІЗ і процедур для електротехнічного персоналу. Для систем накопичення енергії ключовими є battery management system, тепловий контроль, пожежна безпека й дотримання кодів та стандартів. У вітроенергетиці безпечна експлуатація спирається на гальмівні системи, контроль граничних режимів, вібраційний моніторинг і аварійне зупинення. Роботи ж і дистанційно керовані платформи потрібні для того, щоб зменшити експозицію людей у зонах руйнування, токсичного середовища, пожежі чи радіаційного ризику; їхня придатність має оцінюватися стандартними тестами мобільності, сенсорики, зв'язку, витривалості та безпеки [6].

Як приклади реального впровадження варто виокремити чотири кейси. По-перше, офіційний ресурс Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України «ЕкоЗагроза» дає змогу переглядати на мапі України дані щодо якості повітря, радіаційного фону та інших показників, а також подавати звернення про екологічні загрози з геолокацією й медіафайлами. По-друге, система European Flood Awareness System у межах Copernicus формує прогностичну інформацію щодо повеней до десяти днів наперед, що підвищує готовність органів реагування. По-третє, European Forest Fire Information System надає актуальні дані про пожежну небезпеку, осередки та статистику пожеж у Європі й сусідніх країнах. По-четверте, проекти ComAir та CURSOR показали, що сенсорі громадянської науки після калібрування можуть доповнювати офіційні набори даних, а модульні комплекти з дронів, мініатюрних роботів і сенсорів – підвищувати шанси своєчасного пошуку постраждалих у завалах.

З погляду ефективності й управління витратами головний висновок такий: дешевий вхід у технологію не означає низької вартості життєвого циклу. Низьковартісні сенсорі вимагають калібрування, еталонного супроводу, каналу передавання даних і періодичної заміни. Дрони потребують навчання,

аккумуляторів, страхування ризиків і програмного супроводу. Фільтри та ЗІЗ без належного обслуговування втрачають ефективність. AI-системи без аудиту та людського контролю можуть масштабувати помилки. Показово, що лише належне технічне оснащення лабораторій для державного моніторингу вод в Україні в аналітичній записці Міндовкілля оцінювалося на рівні 150–180 млн грн, тобто інвестиційні рішення мають спиратися на оцінку повного циклу експлуатації, а не тільки на ціну закупівлі. Отже, регуляторні, етичні та сервісні аспекти не є «додатком» до технології – вони визначають її реальну спроможність працювати безпечно й довго.

**Висновки.** Сучасні технології захисту природи та людини переводять систему безпеки від реактивної моделі до прогностичної. Їхній реальний ефект виникає тоді, коли спостереження, аналітика, попередження і практичні дії поєднані в єдиний контур управління. Для України пріоритетними є гібридні системи, що поєднують державний моніторинг, відкриті супутникові дані, мобільні сенсори, громадянське повідомлення, стандартизовану обробку даних і захисні інженерні рішення. Перспективним напрямом є впровадження AI та робототехніки, але лише за умови ризик-орієнтованого регулювання, належного технічного обслуговування, кібер- та інформаційної безпеки, а також збереження вирішальної ролі підготовленого фахівця в контурі прийняття рішень.

## Література

1. ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems – Requirements.
2. Злобін Ю.А., Скляр В.Г., Коваленко І.М., Клименко Г.О., Бондарєва Л.М., Скляр Ю.Л., Зубцова І.В. Екологія: Підручник. –2026. – 408 с.
3. Піскунова Л.Е., Прилипко В.А., Зубок Т.О. Безпека життєдіяльності: Підручник. – 2025. – 456с.
4. Ананьєва Т.В. Моніторинг довікілля: Навч. посібник. – 2022. – 172с.