Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти»
Південний науковий центр НАН та МОН
Інститут української археографії та джерелознавства
імені М. С. Грушевського НАН України
Первинна профспілкова організація ЧНУ ім. Петра Могили

**«МОГИЛЯНСЬКІ ЧИТАННЯ – 2026:
досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний,
національний та регіональний аспекти»**

XXIX Всеукраїнська науково-практична конференція

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

ЕКОЛОГІЯ

Миколаїв, 9–13 листопада 2026 року

Миколаїв – 2026

УДК 378(06)ЧНУ
М 74

М 74 Могилянські читання – 2026 : досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні : глобальний, національний та регіональний аспекти. Екологія : XXIX Всеукр. щоріч. наук.-практ. конф. 9–13 листоп. 2026 р., м. Миколаїв : тези / М-во освіти і науки України ; ЧНУ ім. Петра Могили. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2026. 192 с.

© ЧНУ ім. Петра Могили, 2026

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ: ЕКОЛОГІЯ

Олена Бондаренко, Олена Мітрясова КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ІНДИКАТОРІВ МІСЬКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ COPERNICUS 5

Дмитро Веселовський, Людмила Григор'єва ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ДИНАМІЧНОГО КАМЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМИ БУЗЬКОГО ЛИМАНУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЇЇ РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ В УМОВАХ ВОЄННИХ РИЗИКІВ..7

Людмила Григор'єва, Денис Стеценко МЕТОДИ ОПРАЦЮВАННЯ БАГАТОДЖЕРЕЛЬНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ БАГАТОКОМПОНЕНТНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ 9

Діана Крисінська, Валерія Бєлєнова ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ В УКРАЇНІ 14

Діана Крисінська, Тетяна Учень ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНО-ПРАВОВИХ, ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНИХ ТА МЕТОДОЛОГІЧНИХ ЗАСАД МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ САРЛАНДУ ТА МИКОЛАЇВЩИНИ.....21

Олена Макарова АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ІНСТРУКТАЖІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ 28

Андрій Мац, Олена Мітрясова СУПУТНИКОВИЙ ІНДИКАТОРИНГ ВОДНОГО СТРЕСУ ПРИБЕРЕЖНИХ ЕКОСИСТЕМ МИКОЛАЄВА 32

Лариса Патрушева ЄЛАНЕЦЬКИЙ СТЕП ЯК ОСЕРЕДОК ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДНОЇ СТЕПОВОЇ СПАДЩИНИ ЄВРОПИ В УМОВАХ ВІЙНИ.....36

Віктор Смирнов, Ганна Нєпєіна ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ВПЛИВ АКУМУЛЯТОРНОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА ЛЮДИНУ ТА МІСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ: ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ.....39

Владислав Смирнов, Олена Мітрясова АТМОСФЕРНІ ОПАДИ ЯК МАРКЕР ЛОКАЛЬНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА МИКОЛАЄВА 43

Олександра Хозяінова, Олена Мітрясова ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ М. МИКОЛАЄВА КОНТЕЙНЕРНИМ МЕТОДОМ.....45

Валерія Чайка, Людмила Григор'єва АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ АНКЕТУВАННЯ ОБІЗНАНОСТІ НАСЕЛЕННЯ МИКОЛАЄВА ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ 49

Anna Aleksieieva MACHINE LEARNING FOR ENVIRONMENTAL AUDITING: APPLICATIONS, METHODOLOGICAL CHALLENGES, AND FUTURE PERSPECTIVES 53

Oleksandr Lukonin IMPACT OF HEAVY METALS ON PHYSIOLOGICAL AND REGENERATIVE PROCESSES IN THE HUMAN BODY 59

СЕКЦІЯ: ЕКОЛОГІЯ

УДК 551.588.7 : 504.5

Олена Бондаренко
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна
Олена Мітрясова
доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ІНДИКАТОРІВ МІСЬКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ COPERNICUS

Міський острів тепла (МОТ) – це складна термодинамічна система, фізичну сутність якої неможливо звести лише до простого підвищення температури повітря. Трансформація природних ландшафтів у щільну забудову докорінно деформує енергетичний баланс територій. Асфальт і бетон мають критично низьке альбедо (на рівні 0,08-0,2), що провокує інтенсивне поглинання короткохвильової радіації.

Місто функціонує як гігантський тепловий акумулятор. Зафіксована аномалія описується цілою мережею просторових та фізичних показників, здатних кількісно відобразити глибину мікрокліматичних зсувів. Ігнорування цих специфічних метрик унеможливлює об'єктивну оцінку термального навантаження на суміжні екосистеми. Насамперед ідеться про гідрологічну мережу, яка приймає на себе основний удар від розігрітого поверхневого стоку в умовах суцільної герметизації водозборів [1–4].

Мета даного дослідження – систематизувати ключові фізичні, термодинамічні та просторові показники, що характеризують інтенсивність міського острова тепла, базуючись на світовому досвіді досліджень.

Методи. Для комплексної оцінки міського острова тепла використовується європейська платформа Copernicus та дані її основних

служб: CLMS (Land Monitoring Service) і C3S (Climate Change Service), а також супутників Sentinel.

Основою для аналізу є температурні індикатори: температура земної поверхні (LST), що вимірюється супутником Sentinel-3 (SLSTR) або Landsat для порівняння нагріву дахів, асфальту та ґрунтів, а також температура повітря на висоті 2 метрів із глобального реаналізу ERA5 для оцінки довгострокових трендів. Серед вегетаційних та гідрологічних показників застосовуються індекс вегетації NDVI (для оцінки густоти зеленої маси) та індекс NDWI (для визначення наявності водойм і вологості покриття), що відображають природні чинники стримування тепла через евапотранспірацію.

Крім того, у дослідженні залучаються індекси теплового стресу та дискомфорту від C3S (зокрема, універсальний термічний кліматичний індекс UTCI), які визначають безпосередній вплив термального навантаження на людину.

Висновки. Отже, дослідження міського острова тепла потребує комплексного багатофакторного підходу із застосуванням сучасних супутникових даних та кліматичних сервісів платформи Copernicus.

Систематизація температурних, структурних, вегетаційних та біометеорологічних показників дозволяє об'єктивно оцінити масштаб мікрокліматичних зсувів. Це створює надійну інформаційну базу для аналізу навантаження на екосистеми та розробки ефективних стратегій міського планування задля адаптації до змін клімату.

Список використаних джерел

1. Nelson K. C., Palmer M. A. Stream temperature surges due to storm-water runoff in an urbanizing watershed. *Journal of the American Water Resources Association*. 2007. Vol. 43, No. 4. P. 950–963. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2007.00014.x

2. Wang J. A., Hutyra L. R., Li D., Friedl M. A. Gradients of Atmospheric Temperature and Humidity Controlled by Local Urban Land-Use Intensity in Boston. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2017. Vol. 56, Issue. 4. P. 817–831. URL: https://sites.bu.edu/efm/files/2017/03/Wang2017JAMC.pdf (дата звернення: 01.10.2026).

3. Urban Climates / T. R. Oke, et al. Cambridge : Cambridge University Press, 2017. URL: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781108180245_A30634643/preview-9781108180245_A30634643.pdf (дата звернення: 01.10.2026).

4. Assessing the Urban Heat Island (UHI) Effect Using Land Surface Temperature (LST) and Normalized Difference Built-Up Index (NDBI): A Case Study on Paphos, Cyprus. *MDPI*. URL: https://www.mdpi.com/3042-5743/35/1/65 (дата звернення: 01.10.2026).

УДК 502.51:502.175](282.247.318.05)(477.73)(043.2)

Дмитро Веселовський
аспірант кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна
Людмила Григор'єва
доктор біологічних наук, професор,
завідувачка кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ДИНАМІЧНОГО КАМЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМИ БУЗЬКОГО ЛИМАНУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЇЇ РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ В УМОВАХ ВОЄННИХ РИЗИКІВ

Актуальність. Водні екосистеми зазнають тривалого впливу техногенних чинників, що може зумовлювати надходження, накопичення та перерозподіл радіонуклідів між водою, донними відкладами й біотичними компонентами. Бузький лиман є важливою складовою водної екосистеми Південного Бугу, яка протягом тривалого часу зазнавала впливу різноманітних техногенних чинників.

В умовах повномасштабної війни характер і масштаб антропогенного навантаження на водні екосистеми півдня України істотно змінилися внаслідок воєнних дій, пошкодження інфраструктури та порушення природоохоронних і господарських процесів. За таких умов особливого значення набуває пошук інтегральних характеристик, які дають змогу відображати здатність водної екосистеми накопичувати, утримувати та перерозподіляти радіонукліди між водою, донними відкладами й біотичними компонентами [1–3].

Однією з таких характеристик може виступати радіоємність екосистеми, визначення якої на основі закономірностей міграції та акумуляції техногенних і природних радіонуклідів дасть змогу поглибити розуміння її радіоекологічного стану та стійкості до радіонуклідного навантаження. Особливої актуальності проблема набуває в умовах повномасштабної збройної агресії рф проти України, яка супроводжується додатковими ризиками радіаційного забруднення довкілля. Такі ризики пов'язані з воєнними діями поблизу ядерних установок та інших радіаційно небезпечних об'єктів, а також із

повідомленнями про застосування боєприпасів, що містять радіоактивні матеріали. [4] За цих умов зростає потреба в науково обґрунтованих підходах до характеристики радіоекологічного стану водних екосистем, здатності їхніх компонентів накопичувати й утримувати радіонукліди та закономірностей їх подальшого перерозподілу.

Мета даної роботи – обґрунтувати підхід до характеристики радіоємності екосистеми Бузького лиману на основі закономірностей міграції, розподілу й акумуляції природних і техногенних радіонуклідів та перспектив застосування динамічного камерного моделювання.

Основний зміст. Радіоємність водної екосистеми пропонується розглядати як кількісну характеристику її здатності накопичувати, утримувати й перерозподіляти радіонукліди між водою, донними відкладами та біотичними компонентами за визначених умов функціонування. Такий підхід передбачає врахування не лише концентрацій радіонуклідів у воді, а й особливостей їх акумуляції в інших компонентах екосистеми.

Матеріальною основою подальшого дослідження є аналіз багаторічних даних моніторингу вмісту техногенних радіонуклідів у компонентах екосистеми Бузького лиману, результатів визначення коефіцієнтів накопичення, а також сучасних даних щодо вмісту радіонуклідів у воді.

Наявність інформації про природні радіонукліди дає змогу розширити радіонуклідну характеристику екосистеми та порівняти особливості розподілу радіонуклідів різного походження.

Перспективним інструментом узагальнення цих даних є динамічне камерне моделювання, яке передбачає опис обміну радіонуклідами між водою, донними відкладами та біотичними компонентами. Застосування моделі дасть змогу дослідити співвідношення між процесами накопичення, утримання й перерозподілу радіонуклідів, а також визначити внесок окремих компонентів у формування їх сумарного запасу в екосистемі.

Висновки. Розгляд радіоємності як характеристики здатності водної екосистеми накопичувати й утримувати радіонукліди створює підґрунтя для комплекснішої інтерпретації її радіоекологічного стану. Поєднання багаторічних даних моніторингу із сучасними вимірюваннями та динамічним камерним моделюванням є перспективним підходом до встановлення закономірностей міграції й акумуляції природних і техногенних радіонуклідів в екосистемі Бузького лиману.

Такий підхід набуває особливого значення в умовах підвищених радіоекологічних ризиків воєнного часу.

Список використаних джерел

1. Brown J. E., Alfonso B., Avila R., Beresford N. A., Copplestone D., Pröhl G., Ulanovsky A. The ERICA Tool. *Journal of Environmental*

Radioactivity. 2008. Vol. 99, No. 9. P. 1371–1383. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2008.01.008

2. International Atomic Energy Agency. Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience. Vienna : IAEA, 2006. Radiological Assessment Reports Series. No. 8. STI/PUB/1239.

3. International Atomic Energy Agency. Radiological Conditions in Areas of Kuwait with Residues of Depleted Uranium. Vienna: IAEA, 2003. Radiological Assessment Reports Series. STI/PUB/1164.

4. International Atomic Energy Agency. Radiological Conditions in the Dnieper River Basin: Assessment by an International Expert Team and Recommendations for an Action Plan. Vienna : IAEA, 2006. STI/PUB/1230.

5. Kryshev I. I. Radioactive contamination of aquatic ecosystems following the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Radioactivity.* 1995. Vol. 27, No. 3. P. 207–219. DOI: 10.1016/0265-931X(94)00042-U

УДК 504.064.3:004.8

Людмила Григор'єва
доктор біологічних наук, професор,
завідувачка кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна
Денис Стеценко
аспірант кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна

МЕТОДИ ОПРАЦЮВАННЯ БАГАТОДЖЕРЕЛЬНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ БАГАТОКОМПОНЕНТНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ

Сучасний екологічний моніторинг дедалі частіше ґрунтується на одночасному використанні наземних вимірювань, реєстрових відомостей, супутникових знімків та результатів локальних досліджень. Для оцінювання електромагнітних, радіаційних і токсичних чинників така багатоджерельність є необхідною, але створює методичну проблему: дані відрізняються за фізичною природою, одиницями вимірювання, просторовою і часовою підтримкою, способом

отримання, точністю та рівнем доказовості. Тому завдання інтелектуальної системи полягає не у механічному об'єднанні максимальної кількості показників, а у побудові відтворюваного ланцюга їх відбору, перевірки, гармонізації, нормалізації, моделювання та інтерпретації [1, 2].

Метою даної роботи є обґрунтування послідовності методів відбору та гармонізації даних, нормалізації, інтеграції окремих груп чинників, статистичного моделювання, машинного навчання, пояснюваного штучного інтелекту та оцінювання невизначеності для побудови інтелектуальної системи багатокомпонентного екологічного аналізу. Методика орієнтована на три домени: електромагнітні чинники (EMF), радіаційні чинники (RAD) і токсичні чинники (CHEM). Їх інтеграція виконується лише після окремого опрацювання відповідно до специфіки кожної групи чинників, оскільки безпосереднє підсумовування фізично несумісних величин є некоректним.

У формалізованому вигляді методичний ланцюг можна подати як D → S(D) → H(D) → N(D) → M(D) → XAI(M) → U → P, де D – початкові дані з різних джерел; S – відбір і паспортизація; H – гармонізація; N – нормалізація показників з урахуванням специфіки кожної групи чинників; M – статистичне та машинне моделювання; XAI – пояснення результатів моделей; U – оцінювання невизначеності; P – інтегрований багатокомпонентний профіль. Запропонована схема дає змогу відстежити походження кожного підсумкового показника від первинного джерела до послідовних етапів його опрацювання.

Першим етапом є відбір даних. До аналітичного масиву доцільно включати лише джерела, для яких можливо встановити походження, метод одержання, часовий інтервал, просторову прив'язку, одиниці вимірювання, версію або дату оновлення та ознаки якості. Кожному запису надається характеристика типу даних: виміряні, модельні, супутникові, реєстрові, реконструйовані. Паспортизація даних дає змогу враховувати спосіб їх отримання та уникати необґрунтованого ототожнення показників з однаковою назвою, сформованих за різними методичними підходами.

Другий етап – гармонізація даних. Вона передбачає не лише приведення таблиць до єдиного формату, а й узгодження одиниць вимірювання, часу спостережень, систем координат, назв показників і правил роботи з пропущеними даними. Важливо також враховувати, що дані можуть мати різну просторову деталізацію: точкові вимірювання, значення модельної сітки, супутникові дані та показники для адміністративних територій не можна вважати однаковими.

Третім етапом є нормалізація. Для кожної групи чинників формується власна функція перетворення $N_k(x)$, де $k \in \{EMF, RAD, CHEM\}$. За наявності науково обґрунтованого референтного рівня нормалізація може враховувати відношення до цього рівня, період усереднення та область його застосування. Якщо прямий нормативний критерій відсутній, використовуються статистичні методи масштабування. Результатом є окремі компонентні індекси I_{EMF}, I_{RAD} та I_{CHEM}, а не один сумарний індекс, сформований на рівні первинних величин.

Таблиця 1. – Послідовність методів у багатокомпонентному екологічному аналізі

Етап	Основні методи	Результат
1. Відбір і паспортизація	Критерії релевантності; перевірка метаданих; класифікація за походженням; контроль дублювання і пропусків	Набір даних із зафіксованим походженням та якістю
2. Гармонізація	Уніфікація одиниць; часових інтервалів; координат; семантики змінних; узгодження просторової підтримки	Порівнюваний масив даних з різних джерел без втрати метаданих
3. Нормалізація	Окрема нормалізація EMF, RAD і CHEM на основі нормативних значень і стійких статистичних методів	I_{EMF}, I_{RAD}, I_{CHEM}
4. Статистичне моделювання	Аналіз розподілів, сезонності; кореляції; кластеризація; просторово-часові моделі	Закономірності, групи станів, структурні зміни
5. Машинне навчання	Регресія, класифікація, прогнозування, пошук аномалій; часово- і просторово-коректна валідація	Прогнозні моделі та аномальні спостереження
6. Пояснюваний ШІ	Методи пояснення результатів машинного навчання та визначення	Інтерпретовані результати без

Етап	Основні методи	Результат
	внеску окремих показників у прогноз моделі	підміни асоціації причинністю
7. Невизначеність	Оцінювання якості й невизначеності даних і моделей, визначення інтервалів результатів та перевірка їх стійкості до способу нормалізації й неповноти даних	Оцінка надійності кожного результату
8. Інтеграція	Векторне поєднання компонентних індексів і їх невизначеності	$P=[I_{EMF},I_{RAD},I_{CHEM}]$ та профіль невизначеності

Статистичне моделювання виконує роль проміжного шару між гармонізованими даними та машинним навчанням. На цьому етапі оцінюються розподіли, сезонність, довгострокові тенденції, кореляційна структура і просторові контрасти; для багатовимірного опису можуть застосовуватися аналіз головних компонент та кластеризація. Контекстні змінні, зокрема температура, вітер, опади, характеристики забудови або щільність інфраструктури, включаються як пояснювальні ознаки, але не трактуються автоматично як шкідливі чинники [3].

Машинне навчання доцільно застосовувати для прогнозування вимірюваних показників, виявлення аномалій і класифікації типових станів середовища. Для базового моделювання доцільно застосовувати дерева рішень, ансамблевий метод випадкового лісу та методи градієнтного підсилення [4, 5].

Пояснюваний штучний інтелект є окремим елементом системи. Для моделей машинного навчання доцільно визначати глобальний і локальний внесок ознак за допомогою SHAP, перестановочної важливості або локальних пояснень [6, 7]. Це дозволяє встановити, які змінні найбільше вплинули на конкретний прогноз чи класифікацію.

Оцінювання невизначеності повинно супроводжувати весь аналітичний ланцюг. Доцільно розрізняти щонайменше невизначеність вимірювання, невизначеність джерела, просторову, часову та модельну невизначеність. Для кожного компонентного індексу разом із оцінкою I_k формується характеристика u_k, яка враховує повноту даних, якість джерел і стійкість результату до вибору параметрів. Модельну невизначеність доцільно оцінювати за стабільністю результатів при повторному навчанні, використанні ансамблю моделей і зміні схеми

формування навчальних вибірок. Аналіз чутливості застосовується до нормалізації, вагових коефіцієнтів, способів агрегації та правил оброблення пропусків. Якщо дані відсутні, це повинно фіксуватися як інформаційна невизначеність.

Після завершення аналізу окремих груп чинників результати інтегруються у векторний профіль $P=[I_{EMF}, I_{RAD}, I_{CHEM}]$. Паралельно може зберігатися профіль невизначеності $U=[u_{EMF}, u_{RAD}, u_{CHEM}]$. Такий формат дає змогу порівнювати території або часові інтервали без втрати структури навантаження. Саме поєднання векторного результату з інформацією про походження даних і невизначеність відрізняє запропоновану систему від звичайного агрегування показників.

Запропонована послідовність методів формує основу гібридної інтелектуальної системи багатокомпонентного екологічного аналізу. Її ключовими властивостями є відтворюваність, просторово-часова коректність, інтерпретованість та явне врахування невизначеності. Це створює методичне підґрунтя для подальшої програмної реалізації системи, прогнозування екологічних показників, виявлення аномалій і підтримки обґрунтованих рішень у сфері моніторингу довкілля.

Список використаних джерел

1. Михайлов С. С., Квасов В. А. Концепція комплексної системи моніторингу довкілля. *Екологічні науки*. 2023. № 2(47). С. 142–147. DOI: 10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.23
2. Григор'єва Л. І., Алексєєва А. О., Макарова О. В., Буровицька Ю. М., Григор'єв К. В. Екологічний моніторинг стану атмосферного повітря за індикативними вимірюваннями. *Екологічні науки*. 2023. № 2(47). С. 137–141. DOI: 10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.22
3. Шевченко О., Яценко Ю., Кривобок Д., Сніжко С. Вплив хвиль тепла на рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія : Географія*. 2023. № 1/2 (86/87). С. 48–55. DOI: 10.17721/1728-2721.2023.87.1
4. Бородій І. І., Осухівська Г. М. Аналіз стану якості повітря на основі порогових значень та виявлення аномалій з використанням моделей машинного навчання. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2026. № 63. С. 26–35. DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2026-63-03
5. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. 2016. P. 785–794. DOI: 10.1145/2939672.2939785

6. Lundberg S. M., Lee S.-I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol. 30. P. 4765–4774.

7. Ribeiro M. T., Singh S., Guestrin C. Why Should I Trust You?: Explaining the Predictions of Any Classifier. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.* 2016. P. 1135–1144. DOI: 10.1145/2939672.2939778

УДК 504:528.8

Діана Крисінська
кандидат технічних наук., доцентка,
доцентка кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна
Валерія Бєлєнова
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності «Екологія»
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна,
Національний екологічний центр України
м. Київ, Україна

ПЕРСПЕКТИКИ РОЗВИТКУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ В УКРАЇНІ

Сучасні екологічні дослідження неможливо уявити без використання засобів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Вони дозволяють отримувати інформацію про стан навколишнього середовища без безпосереднього контакту з об’єктом дослідження. Завдяки супутниковим системам спостереження стало можливим проводити постійний екологічний моніторинг великих територій, швидко виявляти негативні зміни природного середовища та оцінювати масштаби антропогенного впливу.

Особливість використання ДЗЗ саме в екологічних дослідженнях полягає у можливості комплексного аналізу компонентів довкілля: рослинності, ґрунтів, водних ресурсів, атмосфери та природних

екосистем. Супутникові дані забезпечують регулярне спостереження за станом природного середовища та дозволяють простежувати зміни у часі.

Одним із головних напрямів використання ДЗЗ в екології є моніторинг рослинного покриву та лісових екосистем. За допомогою супутникових знімків можна визначати стан лісів, оцінювати рівень їх пошкодження, виявляти незаконні вирубки та досліджувати процеси деградації рослинності. Особливо важливими є дані супутників Sentinel-2 та Landsat, які забезпечують мультиспектральні знімки високої якості. На основі таких даних розраховуються вегетаційні індекси, наприклад NDVI, що дозволяє оцінити густоту та життєвий стан рослинності [1].

У екологічних дослідженнях значна увага приділяється вивченню лісових пожеж. Засоби дистанційного зондування дають можливість оперативно виявляти осередки займання, оцінювати площі пошкоджених територій та аналізувати ступінь впливу пожеж на екосистеми. Для цього часто використовується індекс NBR, який дозволяє визначати інтенсивність пошкодження рослинного покриву після пожежі. Порівняння супутникових знімків до та після пожежі допомагає встановити масштаби екологічних втрат і контролювати процеси відновлення рослинності.

Важливим напрямом екологічних досліджень є моніторинг водних ресурсів. За допомогою ДЗЗ можна досліджувати стан річок, озер і водосховищ, визначати рівень забруднення води та виявляти зміни берегової лінії. Супутникові знімки дозволяють виявляти евтрофікацію водойм, цвітіння води та накопичення забруднюючих речовин. Такі дослідження є особливо актуальними для регіонів із високим антропогенним навантаженням.

У сфері екології атмосферного повітря дистанційне зондування використовується для контролю концентрації шкідливих речовин та аерозолів у атмосфері. Супутникові системи дозволяють спостерігати за поширенням диму від пожеж, промислових викидів і пилових бур. Це дає можливість оцінювати рівень забруднення повітря та його вплив на екосистеми і здоров’я населення.

Дистанційне зондування також широко застосовується для дослідження деградації ґрунтів. За допомогою супутникових даних можна визначати процеси ерозії, опустелювання, засолення та виснаження земель. Аналіз змін земного покриву дозволяє оцінювати екологічний стан територій і прогнозувати подальший розвиток негативних процесів.

Особливого значення ДЗЗ набуло під час дослідження наслідків техногенних катастроф та військових дій. Супутникові дані дозволяють оцінювати масштаби пошкодження природних екосистем, визначати площі забруднених територій та контролювати зміни довкілля після аварій чи руйнувань. Наприклад, дистанційне зондування активно використовується для оцінки екологічних наслідків пожеж, підтоплень та руйнування промислових об'єктів.

У сучасних екологічних дослідженнях засоби ДЗЗ часто поєднуються з геоінформаційними системами (ГІС). Це дозволяє не лише отримувати супутникові дані, а й виконувати їх просторовий аналіз, створювати тематичні карти та моделювати екологічні процеси. Поєднання ДЗЗ і ГІС значно підвищує ефективність екологічного моніторингу та забезпечує більш точне оцінювання стану довкілля.

Основними перевагами використання дистанційного зондування в екологічних дослідженнях є оперативність отримання інформації, можливість дослідження важкодоступних територій, охоплення великих площ та регулярність спостережень. Крім того, супутникові дані дозволяють проводити довгострокові дослідження змін природного середовища та порівнювати екологічний стан територій у різні періоди часу.

Разом із перевагами існують певні труднощі використання ДЗЗ у екології. Якість оптичних супутникових знімків може залежати від погодних умов та хмарності. Також для ефективної обробки даних необхідні спеціальні знання у сфері геоінформаційних технологій та роботи з програмним забезпеченням, таким як QGIS або ArcGIS [2].

Лісові пожежі є однією з найнебезпечніших екологічних проблем сучасності. Вони завдають значної шкоди природним екосистемам, негативно впливають на стан атмосферного повітря, рослинний і тваринний світ, а також створюють небезпеку для населення. У результаті пожеж відбувається знищення великих площ лісів, погіршується якість ґрунтів, порушується природний баланс екосистем і зростає рівень забруднення навколишнього середовища. Через зміни клімату, підвищення температури повітря та тривалі посушливі періоди кількість лісових пожеж у світі щороку збільшується. Саме тому дослідження пожеж та контроль за їх поширенням є важливим напрямом сучасних екологічних досліджень.

Для вивчення лісових пожеж сьогодні активно використовуються засоби дистанційного зондування Землі. Вони дозволяють отримувати інформацію про стан території за допомогою супутників, літаків, дронів та спеціальних сенсорів без безпосереднього контакту з об'єктом дослідження. Використання дистанційного зондування значно спрощує

процес моніторингу пожеж, оскільки дає можливість спостерігати за великими площами та отримувати актуальні дані за короткий проміжок часу.

Особливо важливим є те, що засоби дистанційного зондування дозволяють контролювати ситуацію у важкодоступних районах, де проведення наземних досліджень є складним або небезпечним. Наприклад, у гірських або віддалених лісових територіях отримання інформації за допомогою супутникових знімків є набагато ефективнішим, ніж проведення польових обстежень. Крім того, супутникові дані дають можливість швидко оцінити масштаби пожежі та визначити території, які найбільше постраждали.

У сучасних екологічних дослідженнях для моніторингу лісових пожеж найчастіше використовують супутники Sentinel, Landsat, MODIS та VIIRS. Дані цих супутників є дуже важливими для спостереження за змінами природного середовища. Супутники Sentinel входять до європейської програми Copernicus і забезпечують регулярне отримання супутникових знімків високої якості. Вони дозволяють детально досліджувати рослинний покрив, визначати площі пошкоджених територій та аналізувати наслідки пожеж [7, 8].

Особливе значення має супутник Sentinel-2, який широко використовується в екологічному моніторингу. Його знімки мають високу просторову роздільну здатність, що дозволяє виявляти навіть незначні зміни рослинності. Завдяки цьому можна визначати межі пожеж, оцінювати ступінь вигорання територій та спостерігати за процесами відновлення лісів після впливу вогню.

Супутники Landsat є одними з найстаріших систем дистанційного зондування Землі. Їхньою перевагою є наявність великого архіву супутникових даних, який охоплює декілька десятиліть. Це дозволяє досліджувати зміни лісових екосистем у довгостроковій перспективі. За допомогою знімків Landsat можна аналізувати повторюваність пожеж, визначати території з найбільшою пожежною небезпекою та оцінювати швидкість відновлення рослинності після пожеж.

Для оперативного виявлення активних осередків займання використовуються супутники MODIS та VIIRS. Вони здатні фіксувати теплові аномалії на поверхні Землі та швидко передавати інформацію про виникнення пожеж. Це має велике значення для рятувальних служб, оскільки дозволяє своєчасно реагувати на надзвичайні ситуації та запобігати подальшому поширенню вогню.

Одним із основних напрямів використання дистанційного зондування у дослідженні лісових пожеж є оцінка стану рослинного покриву. Після проходження пожежі рослинність зазнає значних змін,

які добре помітні на супутникових знімках. За допомогою спеціальних методів обробки даних можна визначати площі пошкоджених територій та оцінювати рівень деградації екосистем.

Також супутникові дані дозволяють досліджувати процеси відновлення лісів після пожеж. Після вигорання рослинний покрив поступово відновлюється, і ці зміни можна простежити за допомогою багаторічних супутникових спостережень. Такі дослідження є важливими для оцінки стійкості екосистем до впливу пожеж та планування природоохоронних заходів.

Крім дослідження рослинності, дистанційне зондування використовується для аналізу впливу пожеж на атмосферне повітря. Під час горіння в атмосферу потрапляє велика кількість диму, пилу та токсичних речовин. Це негативно впливає на якість повітря та здоров'я населення. Супутникові системи дозволяють спостерігати за поширенням димових мас та оцінювати масштаби забруднення атмосфери.

Лісові пожежі також впливають на стан ґрунтів. Після пожежі верхній шар ґрунту часто втрачає родючість, збільшується ризик ерозії та зменшується кількість поживних речовин. За допомогою дистанційного зондування можна досліджувати зміни земного покриву та оцінювати рівень деградації територій після впливу вогню.

Ще одним важливим напрямом використання ДЗЗ є прогнозування пожежної небезпеки. За допомогою супутникових даних можна аналізувати температуру поверхні, стан рослинності та рівень вологості територій. Це дозволяє визначати ділянки з високим ризиком виникнення пожеж та проводити профілактичні заходи для запобігання загорянням.

У сучасних екологічних дослідженнях супутникові дані часто поєднують із геоінформаційними системами. Використання програмного забезпечення, такого як QGIS або ArcGIS, дозволяє створювати карти пожеж, аналізувати просторове поширення вогню та виконувати комплексний екологічний моніторинг. Геоінформаційні системи значно спрощують процес обробки супутникових знімків і дозволяють отримувати більш точні результати досліджень [3].

Незважаючи на значні переваги, використання засобів дистанційного зондування має і певні недоліки. Якість супутникових знімків може залежати від погодних умов, хмарності або задимленості території. Також для обробки супутникових даних необхідні спеціальні знання та навички роботи з геоінформаційними технологіям.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) в Україні має значні перспективи розвитку, оскільки сучасні супутникові технології

дозволяють швидко отримувати актуальну інформацію про стан природного середовища, земельних ресурсів та наслідки антропогенного впливу. У сучасних умовах ДЗЗ стає одним із найважливіших інструментів для екологічного моніторингу, управління природними ресурсами, прогнозування небезпечних явищ та підтримки прийняття управлінських рішень.

Однією з головних перспектив розвитку ДЗЗ в Україні є розширення використання супутникових даних у сфері екологічного моніторингу. Завдяки супутникам можливо оперативно відстежувати зміни стану лісів, водойм, ґрунтів та атмосферного повітря. Особливо важливим це є для виявлення деградації земель, вирубування лісів, підтоплень, посух та лісових пожеж. Використання супутникових знімків дозволяє отримувати інформацію навіть із важкодоступних територій та проводити спостереження на великих площах.

Важливим напрямом розвитку ДЗЗ є застосування супутникових технологій у сільському господарстві. Україна має значний аграрний потенціал, тому використання супутникових даних для контролю стану посівів, оцінки вологості ґрунту, прогнозування врожайності та виявлення посух є дуже перспективним. Такі технології дають можливість оптимізувати використання ресурсів, зменшити втрати врожаю та підвищити ефективність аграрного виробництва.

Перспективним є також використання ДЗЗ для моніторингу наслідків військових дій та техногенних катастроф. В умовах сучасної ситуації в Україні супутникові дані дозволяють оцінювати масштаби руйнувань, виявляти осередки пожеж, контролювати забруднення територій та відстежувати зміни природних ландшафтів. Особливого значення набуває контроль стану водних ресурсів, ґрунтів та екосистем на територіях, які зазнали значного антропогенного впливу.

Ще одним важливим напрямом є інтеграція ДЗЗ із геоінформаційними системами (ГІС). Поєднання супутникових даних та ГІС-технологій дозволяє створювати тематичні карти, аналізувати просторові зміни та моделювати розвиток природних процесів. Це значно покращує можливості планування природоохоронних заходів, управління територіями та проведення наукових досліджень.

Значні перспективи пов’язані з використанням міжнародних супутникових програм, зокрема європейської програми Copernicus та супутників Sentinel. Дані цих супутників є відкритими та безкоштовними, що дає можливість українським науковцям, студентам та державним установам активно використовувати сучасну супутникову інформацію у своїй діяльності.

Важливим фактором розвитку ДЗЗ в Україні є підготовка фахівців у сфері геоінформаційних технологій та супутникового моніторингу. З кожним роком зростає кількість навчальних програм, курсів та наукових досліджень, пов'язаних із використанням ДЗЗ. Поширення програмного забезпечення, зокрема QGIS, робить роботу із супутниковими даними більш доступною для студентів та науковців.

У майбутньому розвиток ДЗЗ в Україні сприятиме підвищенню ефективності природокористування, покращенню екологічного контролю та забезпеченню сталого розвитку держави. Використання сучасних супутникових технологій дозволить швидше реагувати на екологічні загрози, здійснювати точний моніторинг стану довкілля та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Дистанційне зондування Землі має важливе значення для наукового, екологічного та економічного розвитку України.

Список використаних джерел

1. Шпурик В. В., Бандурка О. І. Інформаційна система аналізу антропогенного впливу на стан лісових насаджень. *Телекомунікаційні та інформаційні технології.* 2021. № 3(72). С. 25–37. DOI: https://doi.org/10.31673/2412-4338.2021.032536

2. Осадчий В., Орещенко А., Савенець М. Супутниковий моніторинг пожеж і забруднення атмосферного повітря : монографія / Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України. Київ, 2023. 256 с. DOI: https://doi.org/10.15407/uhmi.2023_1

3. Білинський Й. Й., Книш Б. П., Кулик Я. А. Обробка та використання мультиспектральних зображень в агромоніторингу. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету.* 2020. № 4. С. 1–11. URL: URL: https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/619 (дата звернення 27.10.2026).

УДК 504.064.3:630

Діана Крисінська
кандидат технічних наук., доцентка,
доцентка кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна
Тамара Учень
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності «Екологія»
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна,
Національний екологічний центр України
м. Київ, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНО-ПРАВОВИХ, ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНИХ ТА МЕТОДОЛОГІЧНИХ ЗАСАД МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ СААРЛАНДУ ТА МИКОЛАЇВЩИНИ

Історичним поштовхом до радикальної зміни щодо лісогосподарства в Саарланді (ФРН) у 1987 році стала системна криза традиційного лісівництва. Колосальне всихання та загибель лісових масивів (*Waldsterben*) наочно продемонстрували критичні екологічні вади штучно створених монокультур. Окрім екологічно направленого аспекту, криза набувала економічного впливу через тривале зниження цін на деревину. Відповіддю став курс на реструктуризацію лісового фонду шляхом впровадження концепції «наближеного до природи лісівництва» (*naturnahe Waldwirtschaft*), яка інтегрує екологічний підхід в економічну модель під гаслом: «Охорона природи через використання» (*Naturschutz durch Nutzung*).

Ключовим фактором, що підтвердив вразливість старої системи, став ураган «Вібке» (*Wiebke*), який пронісся над Саарландом 24 лютого 1990 року зі швидкістю вітру 180-210 км/год. Обсяг поваленої деревини сягнув 2,5 млн м³, що у 12 разів перевищувало річну норму лісозаготівлі. При цьому 90% вітровалів припало на монокультури ялини європейської, тоді як мішані корінні деревостани продемонстрували високу стійкість. Наявна природнича подія прискорила остаточну відмову від одновидових штучних посадок на користь природної сукцесії.

Практична реалізація концепції *naturnahe Waldwirtschaft* у Саарланді спирається на такі принципи:

- Відмова від суцільних вирубок: перехід до дрібноконтурних вибіркових вилучень під захистом материнських насаджень у для формування багатоярусної структури;
- Природне поновлення (*Naturverjüngung*): пріоритет надається насіннєвому та вегетативному відновленню корінних порід (насамперед бука);
- Збереження мортмасу: нормативно закріплене збереження сухостійних дерев та мертвої деревини як екологічних ніш для фауни;
- Зменшення техногенного навантаження : відмова від хімічних засобів захисту та локалізація руху техніки виключно закріпленими коридорами.

У Національному парку «Хунсрюк-Хохвальд» ця модель реалізується через формування автохтонних бучин без людського втручання. У господарських масивах Варндт і Саарколевальд лісовий менеджмент орієнтується на створення екологічних коридорів для дикої кішки (*Felis silvestris*), а в межах проєкту *LIK Nord* виснажені пост-майнінгові території колишніх вугільних шахт природним шляхом змінюються на багатоструктурні заповідні екосистеми.

Вагомим інституційним викликом для впровадження адаптивного менеджменту в Саарланді стала оптимізація лісових управлінь (скорочення з 14 до 7), що зменшило час для польових обстежень.

У контексті адаптації до кліматичних змін модель «постійного лісу» (*Dauerwald*) формує гнучкі «образи майбутнього». За даними Dr. F. Straubinger, концепт *Dauerwald* передбачає збереження щонайменше чотирьох базових лісоутворюючих порід на одній ділянці з повним збереженням кронного покриву рослин, що запобігає гідротермічний стрес ґрунтів і слугує орієнтиром для порівняння з лісомеліоративними системами Миколаївщини.

Аналізуючи просторовий розподіл та екологічну роль лісових масивів, слід зважати на фундаментальну концепцію відміннності природних зон (біомів). Причорноморська провінція України, у межах якої розташована Миколаївська область, за своєю структурою є агроекосистемою з абсолютним домінуванням земельних ресурсів, де потенціал лісового фонду є критично низьким і нетиповим.

На противагу цьому, Земля Саарланд у Німеччині репрезентує типовий лісовий біом помірної зони Західної Європи з природним первинним лісовим покривом. Саме тому штучні полезахисні лісові смуги та меліоративні насадження на Півдні України набувають

особливого значення, виступаючи як єдина штучна екологічна мережа в умовах прогресуючого висушування [1].

Оптимізація системи природокористування та оцінка стану рослинного покриву спирається на інтеграцію ландшафтного та ландшафтно-екологічного підходів. Системне вивчення просторової неоднорідності лісового покриву реалізується через три фундаментальні методологічні принципи:

- Принцип дискретності: відображає просторову неоднорідність ландшафтів, зумовлену рельєфом, ґрунтовими та кліматичними умовами; це слугує підґрунтям для зіставлення природних лісів Саарланду та штучних насаджень Миколаївщини;
- Принцип типології: дозволяє об'єднувати геокомплекси в уніфіковані категорії за спільністю зволоження чи морфометрії для моделювання їх стійкості;
- Принцип однонапрямленості: визначає спрямованість потоків речовини та енергії й характеризує просторовий вплив лісосмуг на водно-фізичні та мікрокліматичні умови прилеглих агроландшафтів.

Практична реалізація цих принципів відбувається в умовах масштабування кліматичних змін. У Степовій зоні, яка відзначається найнижчим рівнем щорічного приросту деревини, аридизація створює екстремальні умови для виживання деревних порід. На тлі тривалих посух відбувається зниження імунітету едифікаторів, всихання соснових і дубових масивів та деградація зволожених екотопів. Загальний стан полезахисного каркасу України є незадовільним.

Особливе значення має механізм вітрозахисної дії лісосмуг. Згідно з дослідженнями О. С. Мельника, гасіння швидкості вітру починається за подвійної висоти насадження (2H) до стіни лісу, а зона ефективної аеродинамічної тіні з навітряного боку сягає до 10H. Проте при порушенні цілісності лісосмуг виникає ефект «аеродинамічної труби», що прискорює видування родючого шару ґрунту.

Кліматична аридизація виступає головним рушієм опустелювання. Втрата зв'язаності ґрунтового субстрату активізує пилові бурі, а природне відновлення лише 1 см родючого ґрунту в аридних умовах триває від 70 до 150 років. Ситуація ускладнюється спалюванням стерні на полях, що призводить до вигорання прилеглих лісосмуг та дефрагментації агроландшафтів.

Гідрологічний режим Миколаївщини також кардинально відрізняється від Саарланду. Якщо у Саарланді близько 17% території охоплено зонами охорони водних ресурсів (*Wasserschutzgebiete*), де ліси виконують фільтраційну функцію в умовах водного профіциту, то на Миколаївщині екосистеми функціонують у режимі гострого дефіциту водних ресурсів. Розорювання прибережних захисних смуг малих річок

призвело до їх замулення, роблячи полезахисні лісосмуги та заплавні ліси останнім бар'єром проти висушування ґрунтів. Крім того, штучні лісомеліоративні комплекси Миколаївщини є монокультурними та спрощеними за складом (з домінуванням *Robinia pseudoacacia L.*), що блокує їхнє природне самовідновлення.

Порівняльний аналіз ключових еколого-географічних параметрів, гідрологічного режиму та функціонального призначення лісових систем Землі Саарланд і полезахисного каркасу Миколаївської області систематизовано в Таблиці 1.

Таблиця 1. – Еколого-географічна та функціональна характеристика лісових систем землі Саарланд та Миколаївської області

Параметр/ Критерій	**Лісовий комплекс землі Саарланд (Німеччина)**	**Полезахисний каркас Миколаївської області (Україна)**
Біом та тип систем	Природний лісовий біом помірної зони (корінні бучини та діброви)	Агроекосистема степової зони зі штучним лісомеліоративним каркасом
Водний режим	Водний профіцит (фільтрація у водоохоронних зонах *Wasserschutzgebiete*, ~17% території)	Гострий водний дефіцит, аридизація, замулення та висушування малих річок
Структура і склад видів	Багатовидові природні насадження (*Pro Silva*, *Dauerwald*) з високим самовідновленням	Спрощені монокультури з низьким потенціалом природного самовідновлення (домінує *Robinia pseudoacacia* L.)
Головна екологічна функція	Формування мікроклімату, депонування вуглецю, збереження біорізноманіття та мортмаси	Аеродинамічний вітрозахист (аеродинамічна тінь до $10H$), протидія дефляції ґрунтів та пиловим бурям
Основні кліматичні загрози та ризики	Історичні вітровали (ураган «Вібке»), ураження монокультур ялини, посухи	Аридизація, спалювання стерні/вигорання лісосмуг, ефект «аеродинамічної труби» при дефрагментації

Примітка: складено та узагальнено авторами за даними відкритих інформаційних джерел

Узгодження лісоспрямованої політики України з європейськими стандартами спирається на індикатори Гельсінських критеріїв сталого розвитку лісів (Forest Europe). Якщо у землі Саарланд підхід полягає в моніторингу природного відновлення корінних екосистем та обмеженні інтродуцентів, то на Миколаївщині, відповідно до Критерію II («Здоров'я та стійкість») та Критерію III («Продуктивні та захисні функції»), акцент робиться на здатності штучних насаджень протистояти гідротермічному стресу. Оскільки фактична лісистість області є значно нижчою за екологічний оптимум (8-10% для байрачних умов), штучне лісорозведення з використанням посухостійких видів (насамперед акації білої) залишається основним інструментом протидіяння ерозії [2].

Національно-правова база регулює статус лісосмуг через Лісовий та Земельний кодекси України, а також Постанову Кабінету Міністрів України № 650 від 22.07.2020 р. «Про затвердження Правил утримання та збереження полезахисних лісових смуг, розташованих на землях сільськогосподарського призначення». Документ визначив механізми передачі лісосмуг в оренду та закріплення балансоутримувачів.

Проте аналіз практики виявляє три ключові інституційні виклики на Миколаївщині:

1) Інституційна «сіра зона»: відсутність чітко визначених суб'єктів права власності в минулому зумовила хаотичні незаконні рубки, захаращення й деградацію лісомеліоративної мережі, що через високу вартість відновлення мінімізувало інтерес потенційних орендарів;

2) Фрагментарність даних та відсутність локалізації: довоєнна аналітична база оперувала узагальненими даними на рівні всього «Півдня України»; визначена, місцева кадастрова інформація по Миколаївській області у відкритому доступі практично відсутня;

3) Військово-техногенний чинник та «інформаційний вакуум»: починаючи з 2022 року, повномасштабні бойові дії, суцільне замінування лісових масивів та прифронтових територій унеможливили проведення планових польових досліджень Держлісагентства та Держгеокадастру.

Аналіз регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області за 2022-2025 рр. свідчить про вимушену трансформацію екологічного моніторингу: фіксація збитків змістилася з планових лісовпорядних обстежень на орієнтовну оцінку

наслідків збройної агресії. Збереження «сліпих плям» протягом 2023-2025 рр. підтверджує критичну обмеженість класичних наземних методик.

Зазначені нормативні, інституційні та безпекові прогалини доводять, що в сучасних умовах єдиним об'єктивним, безпечним та безперервним інструментом для оновлення баз даних, оцінки деградації та просторового аналізу полезахисних лісосмуг є використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) на платформі Google Earth Engine та інструментів ГІС.

Гідротермічні умови виступають головним лімітуючим чинником для видової структури лісових фітоценозів і визначають вектор природоохоронних заходів у досліджуваних регіонах.

Порівняльний аналіз флористичного стану свідчить про глибоку відмінність генезису, охоронного статусу та лімітуючих факторів функціонування лісових біотопів Землі Саар та Миколаївської області.

У землі Саар охорона флористичного різноманіття інтегрована в європейську екологічну мережу *Natura 2000* через Директиву про збереження природних оселищ та видів дикої фауни і флори (оселища *FFH*). Фітосозологічний аналіз свідчить про високу воднозалежність заповідних лісових екосистем регіону: 17 типів оселищ *FFH* безпосередньо залежать від стабільного гідрологічного режиму, а близько 70% усіх охоронюваних територій *FFH* у Саарланді створені для збереження гідрофільних та гігрофільних видів рослин (MUV, 2009b).

Головною біологічною загрозою для автохтонних видів Саарланду – насамперед бука лісового (*Fagus sylvatica*) та дуба черешчатого (*Quercus robur*) є слабка стійкість ґрунтів на бунтерських пісковиках до антропогенного закислення через їхню низьку буферну здатність. Зниження рівня pH активує вимивання токсичного рухомого алюмінію, який пошкоджує всисну зону кореневих систем дерев, знижуючи їх здатність до адаптації. Крім того, осушення реліктових торфовищ та замулення дрібних лісових струмків (зокрема в округах Санкт-Вендель та Мерциг) призводять до витіснення рідкісних вологолюбних видів рослин. Напівприродна морфологія русел, що підтримує стабільний стан фітоценозів, збереглася лише локально (зокрема у лісових масивах передгір'я Хохвальду в басейні Лосхаймер-Баху).

У степовій зоні Миколаївської області фітосозологічна ситуація має принципово інші біологічні передумови. У межах цієї території лісові насадження є переважно штучно створеними кулісними або яружними лісосмугами, що функціонують на межі свого природного ареалу. Основним лімітуючим чинником для видового складу є жорсткий

дефіцит вологи та падіння рівня ґрунтових вод, посилене зникненням малих річок.

В умовах хронічного водного стресу первинні байрачні діброви втрачають біологічну стійкість, що стимулює експансію агресивних інвазійних видів – робінії псевдоакації (*Robinia pseudoacacia*), маслинки вузьколистої (*Elaeagnus angustifolia*) та клена американського (*Acer negundo*), які трансформують природні степові біотопи. При відсутності лісогосподарського догляду відбувається сукцесійний розпад лісосмуг: деревні види випадають, а їхні ніші заповнюються чагарниковою порослю. На супутникових знімках це візуалізується як фрагментація лісових смуг, поява розривів у кронах та зниження спектрального індексу NDVI, що призводить до втрати вітрозахисних і протиерозійних функцій.

Таким чином, екологічний стан обох регіонів зазнає відчутного впливу від глобальних кліматичних змін, проте обмежувальні фактори є протилежними. В Саарланді головною загрозою є підкислення ґрунтів і зніліснення крон бука та дуба через температурні аномалії, то на Миколаївщині гостра аридизація клімату призводить до розпаду монокультурних насаджень (Robinia pseudoacacia L.), замулення малих річок та інтенсивного розповсюдження інвазійних видів.

Повномасштабні бойові дії, суцільне мінування території та воєнно-техногенний вплив на Миколаївщині спричинили вимушену зупинку планового безпосереднього моніторингу насаджень натурних Держлісагентства та Держгеокадастру, створивши тривалий «інформаційний вакуум» щодо фактичного стану лісового фонду. У сформованих умовах, використання методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та ГІС-аналітики на базі платформи Google Earth Engine (із застосуванням супутникових даних Sentinel та Landsat і розрахунком спектральних індексів NDVI, NDWI, NDRE) виступає єдиним об’єктивним, безпечним, безперервним та високоточним інструментом для оцінки просторово-часової динаміки та деградації лісових екосистем регіону та має значні перспективи розвитку.

Список використаних джерел

1. Кружель А. Розвиток теоретичних і методичних можливостей розробки ГІС-моделей сталого природокористування для Закарпатської області. *Географічні аспекти просторової організації території, суспільства та збалансованого природокористування* : матеріали наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених (м. Ужгород, 1–3 груд. 2021 р.). Ужгород : ПП Данило С. І., 2021. С. 142–148.

2. Ткачук О. П., Вітер Н. Г. Екологічні проблеми функціонування полезахисних лісосмуг в умовах зміни клімату. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. № 2(96). URL: http://journals.nubip.edu.ua (дата звернення: 22.06.2026).

УДК 331.45+355.58](477)(043.2)

Олена Макарова
старший викладач кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ІНСТРУКТАЖІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Одним із обов'язків роботодавця є забезпечення проведення інструктажів з охорони праці на підприємстві. Згідно Закону України «Про охорону праці» працівники під час прийняття на роботу та протягом роботи мають проходити інструктаж з питань охорони праці. Тих, хто не пройшов інструктаж, не допускають до роботи.

Працівники під час прийняття на роботу та періодично повинні проходити на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Порядок проведення інструктажів з питань охорони праці на підприємстві визначає глава 6 Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 р. № 15 (далі – Типове положення) [1].

Інструктажі залежно від характеру та часу проведення поділяються на види:

- Вступний;
- Первинний;
- Повторний;
- Позаплановий;
- Цільовий.

Вступний інструктаж

Проводиться:

– з усіма працівниками, які приймаються на постійну або тимчасову роботу, незалежно від їх освіти, стажу роботи та посади;

– з працівниками інших організацій, які прибули на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства;

– з учнями та студентами, які прибули на підприємство для проходження трудового або професійного навчання;

– з екскурсантами у разі екскурсії на підприємство.

Вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці або іншим фахівцем відповідно до наказу (розпорядження) по підприємству, який в установленому Типовим положенням порядку пройшов навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Вступний інструктаж проводиться в кабінеті охорони праці або в приміщенні, що спеціально для цього обладнане, з використанням сучасних технічних засобів навчання, навчальних та наочних посібників за програмою, розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва. Програма та тривалість інструктажу затверджуються керівником підприємства.

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці (додаток 5 Типового положення), який зберігається службою охорони праці або працівником, що відповідає за проведення вступного інструктажу, а також у наказі про прийняття працівника на роботу [1].

Первинний інструктаж

Проводиться до початку роботи безпосередньо на робочому місці з працівником:

– новоприйнятим (постійно чи тимчасово) на підприємство або до фізичної особи, яка використовує найману працю;

– який переводиться з одного структурного підрозділу підприємства до іншого;

– який виконуватиме нову для нього роботу;

– відрядженим працівником іншого підприємства, який бере безпосередню участь у виробничому процесі на підприємстві.

Первинний інструктаж проводиться з учнями, курсантами, слухачами та студентами навчальних закладів:

– до початку трудового або професійного навчання;

– перед виконанням кожного навчального завдання, пов’язаного з використанням різних механізмів, інструментів, матеріалів тощо.

Первинний інструктаж на робочому місці проводиться індивідуально або з групою осіб одного фаху за діючими на

підприємстві інструкціями з охорони праці відповідно до виконуваних робіт.

Повторний інструктаж

Проводиться на робочому місці індивідуально з окремим працівником або групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу.

Повторний інструктаж проводиться в терміни, визначені нормативно-правовими актами з охорони праці, які діють у галузі, або роботодавцем (фізичною особою, яка використовує найману працю) з урахуванням конкретних умов праці, але не рідше:

- на роботах з підвищеною небезпекою – 1 раз на 3 місяці;
- для решти робіт – 1 раз на 6 місяців [1].

Позаплановий інструктаж

Проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативно-правових актів з охорони праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;
- при зміні технологічного процесу, або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на стан охорони праці;
- при порушеннях працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що призвели до травм, аварій, пожеж тощо;
- при перерві в роботі виконавця робіт більш ніж на 30 календарних днів – для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт – понад 60 днів.

Позаплановий інструктаж з учнями, студентами, курсантами, слухачами проводиться під час проведення трудового і професійного навчання при порушеннях ними вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що можуть призвести або призвели до травм, аварій, пожеж тощо.

Позаплановий інструктаж може проводитись індивідуально з окремим працівником або з групою працівників одного фаху. Обсяг і зміст позапланового інструктажу визначаються в кожному окремому випадку залежно від причин і обставин, що спричинили потребу його проведення.

Цільовий інструктаж

Проводиться з працівниками:

- при ліквідації аварії або стихійного лиха;
- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформлюються наряд-допуск, наказ або розпорядження.

Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників. Обсяг і зміст цільового інструктажу визначаються залежно від виду робіт, що виконуватимуться.

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередній керівник робіт (начальник структурного підрозділу, майстер) або фізична особа, яка використовує найману працю.

Ці інструктажі завершуються перевіркою знань у вигляді усного опитування або за допомогою технічних засобів, а також перевіркою набутих навичок безпечних методів праці, особою, яка проводила інструктаж.

При незадовільних результатах перевірки знань, умінь і навичок щодо безпечного виконання робіт після первинного, повторного чи позапланового інструктажів протягом 10 днів додатково проводяться інструктаж і повторна перевірка знань.

При незадовільних результатах перевірки знань після цільового інструктажу допуск до виконання робіт не надається. Повторна перевірка знань при цьому не дозволяється.

Про проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів та їх допуск до роботи, особа, яка проводила інструктаж, вносить запис до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці. Сторінки журналу реєстрації інструктажів повинні бути пронумеровані, прошнуровані і скріплені печаткою.

У разі виконання робіт, що потребують оформлення наряду-допуску, цільовий інструктаж реєструється в цьому наряді-допуску, а в журналі реєстрації інструктажів не обов’язково.

Перелік професій та посад працівників, які звільняються від повторного інструктажу, затверджується роботодавцем. До цього переліку можуть бути зараховані працівники, участь у виробничому процесі яких не пов’язана з безпосереднім обслуговуванням об’єктів, машин, механізмів, устаткування; застосуванням приладів та інструментів, збереженням або переробкою сировини, матеріалів тощо.

Список використаних джерел

1. Види та порядок проведення інструктажів з охорони праці. URL https://oppb.com.ua/news/vydy-ta-poryadok-provedennya-instruktazhiv-z-ohorony-pracі (Дата звернення: 20.10.26).
2. Охорона праці в Україні – проблеми, досвід, перспективи. URL https://nov-rada.gov.ua/2021/12/10/okhorona-pratsi-v-ukraini-problemy-dosvid-perspektyvy/ (Дата звернення: 09.10.24).
3. *Актуальні проблеми безпеки життєдіяльності людини в сучасному суспільстві* : Матеріали Всеукраїнської науково-теоретичної Інтернет-конференції, м. Миколаїв, 24 листопада 2021 р. Миколаїв : МНАУ, 2021. 519 с.

УДК 556.53:528.8:004.89 (477.73)

Андрій Мац
аспірант кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна
Олена Мітрясова
доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна

СУПУТНИКОВИЙ ІНДИКАТОРИНГ ВОДНОГО СТРЕСУ ПРИБЕРЕЖНИХ ЕКОСИСТЕМ МИКОЛАЄВА

Abstract. This study presents an operational spatial assessment of drought and water stress in the Southern Buh river ecosystem within Mykolaiv, Ukraine. Utilizing Sentinel-2 satellite imagery from August 2021 and August 2024 via the Copernicus Browser, the research evaluates soil moisture deficits and vegetation moisture dynamics. The Normalized Difference Moisture Index (NDMI) was applied due to its sensitivity in detecting moisture changes in plant cover and topsoil. Comparative analysis reveals a drastic shift from favorable moisture levels in 2021 to severe drought conditions and spatial dehydration in 2024. The integration of satellite data, Climate Engine tools, and artificial intelligence demonstrates high efficiency for rapid eco-hydrological monitoring under climate change.

Keywords: *water resources, Southern Buh, satellite monitoring, NDMI index, water stress*

Ключові слова: *водні ресурси, екологічний стан, Південний Буг, супутниковий моніторинг, індекс NDMI, водний стрес*

Загострення глобальних кліматичних змін робить посухи одним із найнебезпечніших природних викликів, що безпосередньо загрожують водній та продовольчій безпеці України. Згідно з даними Служби зміни клімату Copernicus (C3S), у 2024 році південні регіони країни зазнали критичного дефіциту ґрунтової вологи, який перевищив норму більш ніж на 50%. При цьому аномальні посушливі явища дедалі частіше охоплюють навіть центральні області, що традиційно належать до зони достатнього зволоження [1−3].

Для своєчасного виявлення та комплексного оцінювання таких масштабних загроз виникає нагальна потреба у застосуванні сучасних інструментів супутникового моніторингу та геоінформаційних вебплатформ, зокрема Climate Engine. Порівняльний аналіз космічних даних за посушливий (серпень 2024 р.) та відносно вологий (серпень 2021 р.) періоди дозволяє чітко відстежити просторово-часову динаміку дефіциту вологи [4].

Об’єктом дослідження обрано територію басейну річки Південний Буг у межах міста Миколаєва, яка є репрезентативним полігоном для оцінювання процесів посухи та зневоднення. Як одна з ключових артерій степової зони України, ця річкова система зазнає суттєвого антропогенного та кліматичного навантаження. Унаслідок глобальних температурних аномалій у басейні Південного Бугу спостерігається систематичне маловоддя, обміління і критичне зниження рівня ґрунтових вод. Аналіз зазначеної території дозволяє детально відстежити локальні прояви дефіциту вологи на стику урбанізованого середовища та природних водних екосистем.

Мета даного дослідження полягає у проведенні оперативного просторового аналізу дефіциту вологи та зневоднення екосистеми річки Південний Буг у межах міста Миколаєва через компаративний аналіз її стану в посушливий (2024 р.) та відносно вологий (2021 р.) періоди.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

1. Здійснити вибір та первинну обробку супутникових знімків території дослідження за серпень 2021 та серпень 2024 років у середовищі вебплатформи Copernicus Browser;

2. Визначити нормалізований різницевий індекс вологості (NDMI) для з’ясування динаміки вмісту вологи в рослинному покриві та ґрунті;

3. Провести порівняльну візуалізацію та якісно-кількісну оцінку просторових змін вологозабезпеченості екосистеми р. Південний Буг у межах м. Миколаєва.

Методологія дослідження базується на компаративному просторово-часовому аналізі супутникових знімків у вебплатформі Copernicus Browser із визначенням нормалізованого різницевого індексу вологості (NDMI) за серпень 2021 та 2024 років.

Результати. Для комплексного оцінювання зневоднення та просторово-часової динаміки посухи в екосистемі річки Південний Буг у межах міста Миколаєва було обрано індекс NDMI. Обґрунтування вибору саме цього показника полягає в його високій фізичній чутливості до вмісту води у рослинному покриві та верхніх шарах ґрунту. На відміну від стандартних вегетаційних індексів (NDVI), NDMI комбінує ближній (NIR) та короткохвильовий інфрачервоний (SWIR) спектральні канали, що дає змогу оперативно виявляти водний стрес рослинності ще до появи видимих ознак ущільнення або вигорання біомаси. Це робить індекс NDMI найбільш ефективним і точним інструментом для швидкого супутникового моніторингу дефіциту вологи в прибережних і урбанізованих ландшафтах.

Порівняння супутникових даних за серпень 2021 року (рис. 1, праворуч) та серпень 2024 року (рис. 1, ліворуч) демонструє критичне погіршення стану вологозабезпеченості як прибережних екосистем, так і сільськогосподарських угідь у районі дослідження.

На рис. 1 праворуч спостерігається відносно сприятливий рівень зволоження. Сині та блакитні відтінки (високі значення NDMI > 0,24), що відповідають акваторії Південного Бугу, Інгулу, лиманним зонам, а також прибережній заплавній рослинності та окремим сільськогосподарським полям, займають значну площу. Заплавні ділянки річки та прилеглі масиви рослинності зберігали достатній рівень вологи, що мінімізувало ризики водного стресу.

Натомість на рис. 1 ліворуч зафіксовано різку зміну просторового розподілу вологості. На всій території спостерігається домінування яскраво-червоних та помаранчево-жовтих кольорів (від'ємні значення NDMI від -0,032 до <-0,8), що свідчить про глибокий дефіцит вологи в ґрунті та критичний водний стрес рослинності. Сільськогосподарські масиви навколо м. Миколаєва повністю втратили продуктивну вологу.

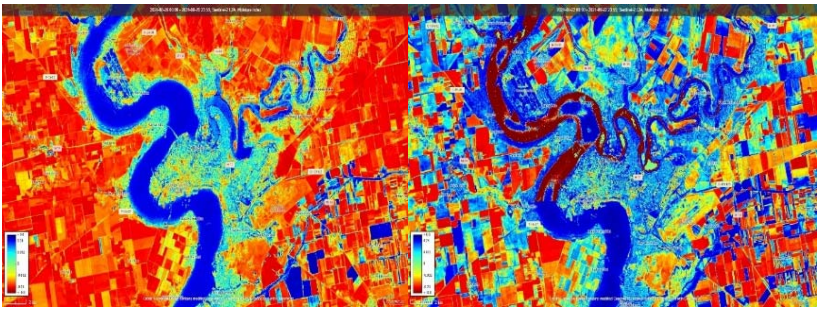


Рисунок 1. – Візуалізація знімків Sentinel-2 за 26.08.2024 р. і 22.08.2021 р. у композиті *NDMI*

Особливо вираженими є зміни у прибережній зоні та заплавах Південного Бугу й Інгулу. Так, якщо у 2021 році вздовж русла чітко виділялася смуга високої зволоженості (зелено-блакитні зони), то у серпні 2024 року ці ділянки зазнали значного десушення та обміління, скоротившись до вузької межі біля самої води. Звуження водного дзеркала та висихання прибережних водно-болотних угідь свідчать про масштабні процеси зневоднення екосистеми під впливом аномальної посухи 2024 року.

Висновки. Проведений супутниковий моніторинг за допомогою індексу NDMI підтвердив критичний рівень зневоднення та водного стресу екосистеми басейну річки Південний Буг у межах міста Миколаєва в серпні 2024 року порівняно з 2021 роком, що підкреслює високу ефективність використання ГІС-інструментів для оперативного оцінювання наслідків змін клімату.

Список використаних джерел

1. Власова О. В., Шевченко І. А., Козицький О. М. Удосконалення оцінювання екологічного стану поверхневих вод за супутниковими даними. *Меліорація і водне господарство*. 2024. Вип. 1. С. 103–111. DOI: https://doi.org/10.31073/mivg202401-379
2. Karamushka V., Boychenko S., Kuchma T., Zabarna O. Trends in the Environmental Conditions, Climate Change and Human Health in the Southern Region of Ukraine. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, Issue. 9. Art. 5664. DOI: https://doi.org/10.3390/su14095664
3. Mats A., Mitryasova O., Salamon I., Smyrnov V. Rainfall Regime Shifts as a Proxy for Hydrological Climate Change Vulnerability. *Rocznik Ochrona Środowiska*. 2025. Vol. 27. P. 738−745.
4. Copernicus (C3S): https://www.copernicus.eu/en

УДК 502.4:502.62:355.01(477.73)

Лариса Патрушева
кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна

ЄЛАНЕЦЬКИЙ СТЕП ЯК ОСЕРЕДОК ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДНОЇ СТЕПОВОЇ СПАДЩИНИ ЄВРОПИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Степові ландшафтні комплекси Європи зазнали відчутної трансформації внаслідок тривалого господарського освоєння територій, в першу чергу розорювання земель та зміни первинного рослинного покриву. В результаті відбулась фрагментація цілинного степу, а його природні ділянки збереглися переважно у вигляді окремих осередків. Здебільшого це місця малопридатні для господарського освоєння: на схилах балок і річкових долин, ділянках зі значним ухилом поверхні, а також у місцях виходу гірських порід на поверхню. Нині вони мають особливу цінність для збереження ландшафтного та біотичного різноманіття.

У європейських країнах охорона степових природних комплексів здійснюється в межах національних парків, заповідників та інших природоохоронних територій, які відрізняються за площею, природоохоронними завданнями й режимами використання. Приклади таких об'єктів наведено в таблиці 1. Водночас наявність природоохоронного статусу не завжди передбачає повне виключення господарської діяльності, що зумовлює відмінності у підходах до збереження природних степових комплексів.

Таблиця 1. – Природоохоронні території Європи, що забезпечують збереження степових і лучно-степових комплексів

Країна	**Назва об'єкта**	**Тип об'єкта**	**Площа, га**	**Характеристика**
Румунія	Гори Мечін	Національний парк	11427	Створений спеціально для збереження біорізноманіття степових біорегіонів

Країна	Назва об'єкта	Тип об'єкта	Площа, га	Характеристика
Болгарія	Каліакра	Заповідник	713	Зберігає Добруджанський степ
Угорщина	Хортобадь Пуста	Національний парк	81000	Захищає лучно-степові та солончакові екосистеми.
Угорщина	Кішкунша г	Національний парк	50000	Зберігає пам'ять про співіснування людини та природи протягом багатьох століть
Угорщина/ Австрія	Нойзідлерз ее-Зеевінкель	Національний парк	23731/ 10500	Охороняє солончакові степові луки

Порівняння європейських природоохоронних територій засвідчує різноманітність підходів до збереження степових і лучно-степових комплексів. Проте саме Україна відіграє ключову роль у збереженні степової природної спадщини Європи, оскільки саме тут збереглися значні за площею масиви природних степових ландшафтів, які представлені широким різноманіттям природних комплексів.

Разом з тим, повномасштабна війна створила серйозні загрози для збереження степової спадщини України. Особливо значного впливу зазнали саме степові природні заповідники, 96% територій [1] яких опинилася під тимчасовою окупацією або в зоні бойових дій, що суттєво обмежило можливості забезпечення потрібного природоохоронного режиму, проведення наукових досліджень і моніторингу біорізноманіття. За цих обставин особливого значення набуває природний заповідник «Єланецький степ» (3010,6 га), який залишається поза окупацією та зоною активних бойових дій. На його території зберігаються репрезентативні для півдня Правобережної України степові ландшафтні комплекси, зокрема цілинні ділянки на чорноземах. Їх охорона є важливим внеском у збереження ландшафтного та біотичного різноманіття європейських степів.

Відповідно, зараз актуалізується потреба в розширенні території заповідника за рахунок прилеглих балкових систем поблизу

Єланецького та Михайлівського природоохоронних науково-дослідних відділень, що сприятиме збереженню цілісності степових ландшафтних комплексів і підвищенню ефективності їх охорони.

Важливим напрямом реалізації цих завдань є залучення європейських наукових інституцій, донорських організацій і грантових програм до фінансування досліджень, організації моніторингу біорізноманіття, оцінювання кліматичних загроз та удосконалення природоохоронного управління. Міжнародна співпраця може стати важливим інструментом довгострокового збереження «Єланецького степу» як складової природної спадщини Європи.

Список використаних джерел

1. Патрушева Л. І. Розширення природного заповідника «Єланецький степ» – ландшафтний аспект. *Могилянські читання – 2024 : досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні : глобальний, національний та регіональний аспекти. Природничі науки* : XXVII Всеукр. наук.-практ. конф. : 6–10 листоп. 2024 р., м. Миколаїв. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2024. С. 8–10.

2. Hortobágy National Park - the Puszta. UNESCO World Heritage Centre. URL: https://whc.unesco.org/en/list/474 (дата звернення: 15.10.2026).

3. Kiskunsági Nemzeti Park. URL: https://www.knp.hu/hu/kiskunsagi-nemzeti-park (дата звернення: 15.10.2026).

4. Plan de management al Parcului Național Munții Măcinului, al ROSCI0123 Munții Măcinului și al ROSPA0073 Măcin-Niculițel : aprobat prin Ordinul nr. 11 din 5 ianuarie 2026. Monitorul Oficial al României. 2026. Nr. 34 bis, 19 ianuarie. URL: https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/311457 (дата звернення: 16.10.2026).

5. Kaliakra. Prime Butterfly Areas in Bulgaria / Stanislav Abadjiev, Stoyan Beshkov; maps by Ivan Alexiev. National Museum of Natural History, Bulgarian Academy of Sciences. URL: https://www.nmnhs.com/butterfly_areas_bg/area.php?q=11_kaliakra (дата звернення: 16.10.2026).

УДК 504.055:621.334

Віктор Смирнов
кандидат геологічних наук, доцент,
доцент кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна
Ганна Нєпєіна
завідувач лабораторії неорганічної (медичної) хімії
кафедри фармації, фармакології та хімії
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна

ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ВПЛИВ АКУМУЛЯТОРНОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА ЛЮДИНУ ТА МІСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ: ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ

Розвиток електричного громадського транспорту є одним із напрямів модернізації міської транспортної системи та зменшення використання викопного палива. Поряд із безумовними екологічними перевагами електротранспорту актуальним стає дослідження нових факторів техногенного впливу на урбанізоване середовище. Одним із таких факторів є електромагнітне поле, яке утворюється внаслідок роботи тягових електродвигунів, акумуляторних батарей, силових перетворювачів, кабельних систем та іншого електротехнічного обладнання [1, 2].

Особливий інтерес становить використання в сучасному міському транспорті тролейбусів з автономним акумуляторним ходом. Такі транспортні засоби поєднують традиційну систему електроживлення з потужними акумуляторними та силовими електронними системами, що створює необхідність оцінювання особливостей електромагнітного середовища навколо них [3, 4].

Для міста Миколаєва проблема має практичне значення у зв'язку з експлуатацією акумуляторних тролейбусів на міських маршрутах.

Метою даної роботи є обґрунтування необхідності дослідження електромагнітного впливу акумуляторного електротранспорту на міське середовище та визначення методичних підходів до оцінювання потенційної експозиції населення до електромагнітних полів.

Підставою для постановки проблеми стало побутове спостереження під час руху автомобілем вулицями Миколаєва. У момент наближення автомобіля до електричного тролейбуса іноді спостерігається

короткочасне погіршення роботи або припинення приймання радіосигналу автомобільним радіоприймачем.

Подібне явище може бути пов'язане з електромагнітними перешкодами, однак за характером такого спостереження неможливо визначити ані джерело перешкод, ані їх інтенсивність, ані потенційний вплив на організм людини.

Тому принципово важливо розмежовувати електромагнітну інтерференцію технічних систем та вплив електромагнітних полів на організм людини. Наявність перешкод у роботі радіоприймача не є доказом перевищення санітарних або рекомендованих рівнів електромагнітного поля.

Разом із тим саме поява таких перешкод може розглядатися як індикатор необхідності подальшого інструментального дослідження електромагнітної обстановки.

Для об'єктивної оцінки ситуації доцільно провести серію натурних вимірювань під час руху акумуляторного тролейбуса.

Концептуальна схема оцінювання електромагнітного впливу акумуляторного електротранспорту на міське середовище наведена на рис. 1.



Рисунок 1. – Концептуальна схема оцінювання електромагнітного впливу акумуляторного електротранспорту на міське середовище

Дослідження можна організувати за принципом «транспортний засіб – відстань – інтенсивність електромагнітного поля». Вимірювання

доцільно виконувати у контрольних точках на відстані 0,5; 1; 3; 5 та 10 м від тролейбуса. Додатково необхідно проводити фонові вимірювання до наближення транспортного засобу та після його віддалення.

Для кожної точки бажано фіксувати:

- напруженість електричного поля;
- індукцію або напруженість магнітного поля;
- частотний діапазон вимірювання;
- відстань до транспортного засобу;
- режим руху тролейбуса;
- час проведення вимірювання;
- наявність контактної мережі;
- фонові значення електромагнітного поля.

Окремий блок дослідження доцільно провести безпосередньо в салоні тролейбуса, оскільки пасажири можуть перебувати поблизу джерел електричних і магнітних полів протягом значного часу.

Для оцінювання потенційної експозиції населення перспективним є порівняння отриманих значень у трьох просторових зонах:

1. Зона I – безпосередньо в салоні тролейбуса;
2. Зона II – біля транспортного засобу та на тротуарі;
3. Зона III – контрольна міська територія, віддалена від безпосереднього впливу транспорту.

Особливу увагу необхідно приділити режимам, за яких електричне навантаження на тягову систему змінюється: початку руху, прискоренню, гальмуванню, зупинці та роботі в режимі автономного акумуляторного ходу.

Таке дослідження дозволить визначити не лише максимальні значення електромагнітних параметрів, але й характер їх зміни залежно від режиму роботи транспортного засобу та відстані до джерела.

З екологічного погляду електромагнітне поле доцільно розглядати як один із компонентів техногенного навантаження урбанізованої території. При цьому оцінювання має проводитися комплексно та з урахуванням інших факторів міського середовища.

Застосування акумуляторного електротранспорту може зменшувати локальні викиди забруднювальних речовин і шумове навантаження порівняно з транспортом, що використовує двигуни внутрішнього згоряння. Водночас електрифікація транспорту формує інший комплекс техногенних факторів, серед яких необхідно враховувати електромагнітне середовище [2, 3, 4].

Таким чином, екологічна оцінка електротранспорту не повинна обмежуватися лише аналізом атмосферних викидів. Перспективним є формування комплексної системи оцінювання за принципом:

«транспортна система → фізичні фактори → міське середовище → експозиція населення → потенційні ризики».

Отже, експлуатація акумуляторного електротранспорту є важливим напрямом екологізації міської транспортної системи, однак його поширення потребує комплексного дослідження фізичних факторів міського середовища.

Спостережувані випадки погіршення роботи радіоприймача під час наближення до електричного тролейбуса можуть бути проявом електромагнітної інтерференції, але не можуть самі по собі свідчити про небезпечний рівень впливу на людину.

Для міста Миколаєва доцільним є проведення натурного моніторингу електромагнітних полів уздовж маршрутів акумуляторного електротранспорту з урахуванням відстані до транспортного засобу, режиму його роботи та часу експозиції.

Запропонований підхід дозволить перейти від окремих побутових спостережень до кількісної оцінки електромагнітного навантаження міського середовища та створити основу для подальшого дослідження взаємодії «електротранспорт – довкілля – людина».

Список використаних джерел

1. Бажинов О. В., Кравцов М. М. Електромагнітна небезпека електро- і гібридного транспорту. *Вісник машинобудування та транспорту.* 2024. № 18(2). С. 3–9. DOI: https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-3-9

2. Mazurek P. A., Chudy A., Hołyszko P. Assessment of Electromagnetic Fields in Trolleybuses and Electric Buses: A Study of Municipal Transport Company Lublin's Fleet. *Energies.* 2024. No 17*,* 3412. DOI: https://doi.org/10.3390/en17143412

3. Albayrak Z. E., Kurnaz C., Karadag T., Cheema A. A. Comprehensive Analysis of Magnetic Flux Density and RF-EMF Exposure in Electric Buses: A Case Study from Samsun, Turkey. *Sensors (Basel)*. 2024. Aug 30; 24(17): 5634. DOI: https://doi.org/10.3390/s24175634

4. Gryz K., Karpowicz J., Zradziński P. Complex Electromagnetic Issues Associated with the Use of Electric Vehicles in Urban Transportation. *Sensors.* 2022. No 22. 1719. DOI: https://doi.org/10.3390/s22051719

УДК 504.3:504.5:546

Владислав Смирнов
аспірант кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна
Олена Мітрясова
доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна

АТМОСФЕРНІ ОПАДИ ЯК МАРКЕР ЛОКАЛЬНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА МИКОЛАЄВА

Забруднення атмосферного середовища важкими металами є актуальною екологічною проблемою урбанізованих територій, оскільки метали здатні переноситися з атмосферними потоками, осідати на поверхні ґрунту, рослинності та водних об'єктів і тривалий час зберігатися в компонентах довкілля. Особливого значення набуває пошук доступних індикаторів локального забруднення, які можуть доповнювати традиційні спостереження за якістю атмосферного повітря [1, 2].

Метою даної роботи є оцінювання можливостей використання атмосферних відкладів для виявлення часової мінливості вмісту Плюмбуму (Pb), Купруму (Cu) та Цинку (Zn) у житловій забудові м. Миколаєва.

Дослідження ґрунтується на результатах аналізу проб роси, інею та снігу, відібраних у Корабельному районі м. Миколаєва протягом вересня 2025 – січня 2026 року. Визначення вмісту досліджуваних металів проводили методом атомно-абсорбційної спектрометрії. Під час інтерпретації результатів враховували сезонні зміни погодних умов і можливість впливу короткочасних техногенних чинників.

За результатами спостережень, у вересні–листопаді середні концентрації Pb в досліджених атмосферних відкладах становили 0,043-0,047 мг/л, Cu – 0,031-0,034 мг/л, Zn – 0,097-0,103 мг/л. У грудні, з початком формування снігового покриву, зафіксовано збільшення вмісту Zn до 0,120 мг/л. У період 15-21 січня 2026 року, який збігся з повідомленнями про активність безпілотних літальних апаратів і ракетні обстріли, концентрації Pb, Cu та Zn досягали відповідно 0,060; 0,042 та 0,130 мг/л. Порівняно з наведеними осінніми значеннями ці показники свідчать про підвищення вмісту досліджуваних металів у відібраних пробах (рис.1).

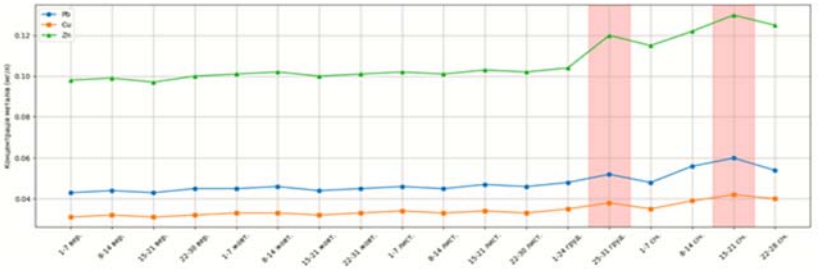


Рисунок 1. – Динаміка концентрації Pb, Zn, Cu у атмосферних опадах міста Миколаєва

Виявлена часова мінливість обґрунтовує доцільність подальшого дослідження атмосферних відкладів як індикаторів локального забруднення. Водночас за наявними спостереженнями неможливо однозначно відокремити вплив воєнних подій від сезонних метеорологічних умов та інших міських джерел забруднення. Для перевірки встановлених тенденцій необхідні розширення мережі пунктів відбору, збільшення тривалості спостережень, зіставлення результатів із метеорологічними даними та, за можливості, прямі вимірювання концентрацій металів у атмосферних аерозолях [1,2,3].

Отже, аналіз роси, інію та снігу може бути перспективним додатковим інструментом локального екологічного моніторингу урбанізованих територій. Отримані результати становлять основу для подальшого вивчення просторово-часових закономірностей накопичення важких металів в атмосферних опадах півдня України.

Список використаних джерел

1. Faurat A., Yessimova D., Satybaldiyeva G., et al. (2025). Assessing the spatial distribution and sources of heavy metal pollution in the snow cover: A case study from Pavlodar, Northeastern Kazakhstan. PLoS One, 20(5), DOI: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0322300.

2. Nguyen L. S. P., Hau L. Q., Thuy N. T., & Hien T. T. (2026). Unveiling the first two-year dataset on the atmospheric deposition of heavy metals in a southern Vietnam megacity: potential driving factors and ecological risk assessment. Environmental Science: Atmospheres DOI: https://pubs.rsc.org/ea/article/6/6/898/1240528/Unveiling-the-first-two-year-dataset-on-the.

3. CitiObs. Citizen Science in Ukraine: Monitoring Air Pollution Amidst War. 2025. URL: https://citiobs.eu/citizen-science-in-ukraine-monitoring-air-pollution-amidst-war/.

УДК 628.4:504.06

Олександра Хозяінова
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна
Олена Мітрясова
доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ М. МИКОЛАЄВА КОНТЕЙНЕРНИМ МЕТОДОМ

Вступ та актуальність. Модернізувати міську систему поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) в Україні потрібно і заради екологічної безпеки, і через євроінтеграцію: вимоги Закону України «Про управління відходами» № 2320-IX [1] та Рамкової директиви 2008/98/ЄС доведеться виконувати. У Миколаєві ситуація особливо складна. Міський полігон біля смт Велика Корениха перевантажений, а понад 95% сміття туди досі потрапляє несортованим.

Формування інноваційних регіональних систем управління відходами – актуальне завдання для України [3]. Перехід до циркулярної економіки означає, що біовідходи треба якнайменше вивозити на полігон, а все, що можна переробити, – повертати в обіг. Але спроєктувати роздільне збирання чи порахувати, чи окупиться сортувальна лінія, неможливо, поки немає надійних даних про те, з чого насправді складається наше сміття. Отримати такі дані можна тільки безпосередніми вимірами на місці.

Мета даного дослідження – визначити морфологічний склад ТПВ у районі багатоквартирної забудови Миколаєва контейнерним методом на реальній пробі та оцінити, скільки вторинної сировини з неї можна вилучити.

Матеріали та методи досліджень. Єдиного міжнародного стандарту для таких досліджень немає [5], тому ми працювали за національними «Методичними рекомендаціями з визначення морфологічного складу побутових відходів» (наказ Мінрозвитку

України від 03.05.2024 р. № 409) [2]. Це пілотне дослідження: проба одна, з одного контейнера.

Пробу не брали зі сміттєвоза, як у традиційному кузовному способі. У кузові відходи гідравлічно ущільнюються у 2,5-6 разів, через що суха сировина намокає від органіки, а скло розбивається на дрібний бій, непридатний для переробки. Тому застосували стандартизований контейнерний метод: пробу взяли з металевого євроконтейнера об'ємом 1,1 м³ (оператор – КП «Миколаївкомунтранс»). Контейнер стоїть на типовому майданчику в районі багатоквартирної забудови, на розі вул. 5 Слобідська та вул. Ковальська. Перевозили його спецавтотранспортом без механічного пресування.

Перед сортуванням розрахували насипну щільність відходів за фактичним заповненням контейнера:

$$\rho = \frac{M}{V_{\text{факт}}} \quad (1)$$

де M – загальна маса проби в контейнері, кг; $V_{\text{факт}}$ – фактичний об’єм масиву сміття, м³.

Вміст контейнера висипали на гідроізоляційний настил сортувального майданчика. Відходи сортували вручну за 15 фракціями (класифікатор з наказу № 409, де папір і картон враховано окремо) і зважували кожну фракцію на повірених вагах з точністю ±0,1 кг, а також контролювали баланс маси вибірки ($M_{\text{заг}} = \sum m_i$).

Результати та їх обговорення. Результати сортування наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. – Фактичний морфологічний склад дослідної проби ТПВ (на розі вул. 5 Слобідська та вул. Ковальська, м. Миколаїв)

Код	Найменування фракції відходів (за Наказом № 409)	Маса фракції, кг	Масова частка, %
1	Папір (офісний, зошити, газети, книги)	5,50	4,52
2	Картон (гофрований, пакувальний)	3,45	2,84
3	Скло (пляшкове та посуд – 4,45 кг)	18,75	15,43
4	Пластик (усі типи маркування)	0,00	0,00
5	Деревина (предмети декору,	1,05	0,86

Код	Найменування фракції відходів (за Наказом № 409)	Маса фракції, кг	Масова частка, %
	вироби, гілки)		
6	Текстиль (одяг та взуття)	4,75	3,91
7	Метали (кольорові метали – алюміній)	0,65	0,53
8	Упаковка комбінована (тетрапак тощо)	0,00	0,00
9	Біовідходи (харчові – 22,85 кг; зелені насадження – 17,25 кг)	40,10	32,99
10	Відходи електричного та електронного обладнання (WEEE)	1,30	1,07
11	Відходи батарей та акумуляторів	0,00	0,00
12	Небезпечні відходи у складі побутових	0,00	0,00
13	Великогабаритні відходи у складі побутових	1,30	1,07
14	Ремонтні відходи у складі побутових	0,00	0,00
15	Залишок побутових відходів (засоби гігієни, пакети, змет)	44,70	36,78
–	**Загальна маса проби**	**121,55**	**100,00**

Розподіл фракцій показано на рис. 1.

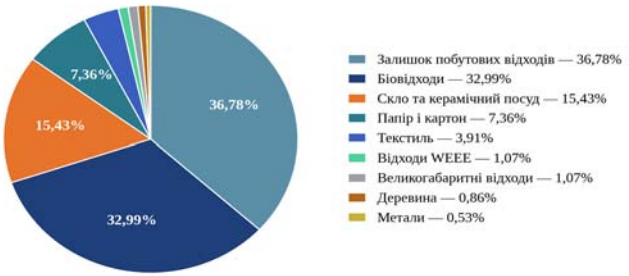


Рисунок 1. – Морфологічна структура дослідної проби ТПВ із контейнера на вул. 5 Слобідська, %

Майже третину проби становлять біовідходи (32,99%): 22,85 кг харчових залишків і 17,25 кг відходів зелених насаджень. Через них суміш сильно волога, а на полігоні це означає ризик утворення фільтрату [4].

Що в пробі придатне до переробки:

– Тарне скло й керамічний посуд – 15,43% (18,75 кг). Відходи не пресували, тому скляна тара залишилась цілою;

– Макулатура (папір і картон) – 7,36% (8,95 кг). Вона суха, тож цілком годиться для промислового гідророзбивання;

– Пластику в пробі немає взагалі (0,00%). Пояснюється це тим, що пляшки PET-1 і флакони з відкритих баків ще до вивезення забирає неформальний сектор – зокрема незахищені верстви населення, а частина мешканців викидає пластик у спеціальні сітки для роздільного збору. Тому дані контейнерних замірів потрібно перевіряти домашнім аудитом і опитуванням мешканців.

Висновки:

1. Контейнерний метод за наказом Мінрозвитку № 409 на практиці спрацював добре: він дає детальну картину складу відходів і не псує сировину – скло та целюлозу.

2. Скло, макулатура, метали й текстиль – тобто, потенційна вторинна сировина – разом становлять 27,23% проби, біовідходи – ще 32,99%. Якщо запровадити обов'язкове збирання у два контейнери («суха вторсировина» та «вологий залишок»), на полігон можна не вивозити до 60% маси відходів, і це продовжить термін служби полігону у Великій Коренисі.

Список використаних джерел

1. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20 (дата звернення: 19.10.2026).

2. Методичні рекомендації з визначення морфологічного складу побутових відходів : Наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 03.05.2024 № 409. URL: https://mtu.gov.ua/files/Metodychni_Rekomendatsii_409.pdf (дата звернення: 19.10.2026).

3. Кравців В. С., Колодійчук І. А. Інноваційні засади формування регіональної системи управління відходами в Україні: методологічні орієнтири та практичні імплементації. *Регіональна економіка*. 2025. № 3(117). С. 20–28. DOI: 10.36818/1562-0905-2025-3-2.

4. Сагдєєва О. А., Крусір Г. В., Цикало А. Л. Оцінка рівня екологічної небезпеки звалищ твердих муніципальних відходів. *Екологічна безпека*. 2018. Вип. 1(25). С. 75–83. DOI: 10.30929/2073-5057.2018.1.75-83

5. Dahlén L., Lagerkvist A. Methods for household waste composition studies. *Waste Management*. 2008. Vol. 28, Issue 7. P. 1100–1112.

УДК 620.92:316.654(477.73)

Валерія Чайка
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності «Екологія та охорона
навколишнього середовища»
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна
Людмила Григор'єва
доктор біологічних наук, професор,
завідувачка кафедри екології
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ АНКЕТУВАННЯ ОБІЗНАНОСТІ НАСЕЛЕННЯ МИКОЛАЄВА ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

В умовах воєнного стану розвиток сонячної енергетики набуває особливого значення для забезпечення енергетичної безпеки та підвищення стійкості громад до перебоїв в електропостачанні. Використання сонячних електростанцій (СЕС) сприяє зменшенню залежності від централізованих енергетичних мереж і створює додаткові можливості для автономного енергозабезпечення за умови застосування відповідних систем накопичення енергії. Теоретичні основи розвитку відновлюваної енергетики висвітлено у працях С. О. Кудрі [1]. Питання підвищення ефективності та оптимізації функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів досліджували Ю. А. Веремійчук, В. П. Опришко, І. В. Притискач та О. С. Ярмолюк [2]. Водночас важливим чинником поширення сонячної енергетики є рівень поінформованості населення щодо переваг, особливостей експлуатації, вартості встановлення СЕС та можливостей отримання фінансової підтримки. Особливої актуальності це питання набуває для міста Миколаєва, яке в умовах воєнного стану стикається з ризиками порушення стабільного електропостачання.

Метою даного дослідження є оцінювання рівня обізнаності населення м. Миколаєва щодо використання сонячних електростанцій, визначення ставлення респондентів до їх упровадження, виявлення основних перешкод та обґрунтування рекомендацій щодо підвищення поінформованості громадян. Для досягнення поставленої мети проведено онлайн-анкетування, у якому взяли участь 52 респонденти,

пов’язані з м. Миколаєвом. Отримані дані опрацьовано із застосуванням методів описової статистики. Найбільшу частку учасників опитування становили особи віком від 18 до 25 років (69,2%).

Аналіз результатів анкетування засвідчив високий рівень загальної обізнаності учасників щодо сонячної енергетики. Усі респонденти (100%) зазначили, що їм відомо про використання сонячної енергії як одного з відновлюваних джерел енергії. При цьому 80,8% опитаних (42 особи) вважають сонячні електростанції ефективним джерелом електроенергії для міста Миколаєва, а 71,2% (37 осіб) розглядали можливість встановлення сонячних панелей для забезпечення електроенергією власного житла (рис. 1).



Рисунок 1. – Оцінка ефективності та зацікавленість у встановленні СЕС (n = 52)

Отримані результати свідчать про переважно позитивне ставлення респондентів до використання сонячної енергетики. Водночас зацікавленість у встановленні СЕС не обов’язково свідчить про фактичну фінансову готовність до реалізації такого рішення.

За результатами анкетування встановлено, що, попри позитивне ставлення до сонячної енергетики, респонденти виділяють низку чинників, які ускладнюють упровадження сонячних електростанцій. Основними перешкодами, на думку опитаних, є ризики, пов’язані з воєнними діями, недостатній рівень державної підтримки та висока вартість придбання й встановлення обладнання (табл. 1).

Таблиця 1. – Основні перешкоди впровадження сонячних електростанцій за результатами анкетування

Перешкода	**Частка відповідей, %**
Воєнні ризики	76,9
Недостатня державна підтримка	75,0

Перешкода	Частка відповідей, %
Висока вартість обладнання	65,4
Нестача інформації	28,8
Складність встановлення	21,2

Джерело: складено В. Чайкою за результатами власного анкетування [3].

Отримані результати свідчать про те, що поширення сонячної енергетики залежить не лише від зацікавленості населення, а й від економічних умов, доступності фінансування та безпекової ситуації.

Аналіз джерел отримання інформації показав, що найчастіше респонденти дізнаються про розвиток сонячної енергетики із соціальних мереж (57,7%), Інтернет-сайтів (40,4%) та місцевих новин (38,5%). Водночас половина опитаних зазначила, що не володіє інформацією про програму «ГрінДІМ», спрямовану на підтримку впровадження енергоефективних технологій та використання відновлюваних джерел енергії в багатоквартирних будинках [4]. Це свідчить про необхідність підвищення доступності інформації щодо чинних програм фінансової підтримки та умов участі в них.

На основі отриманих результатів запропоновано комплекс заходів, спрямованих на підвищення рівня обізнаності населення щодо використання сонячних електростанцій. Зокрема, доцільним є поширення інформаційних матеріалів у соціальних мережах, проведення консультацій для власників домогосподарств, об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) і представників малого бізнесу. Особливу увагу варто приділяти висвітленню практичного досвіду встановлення СЕС у Миколаєві із зазначенням орієнтовних витрат, особливостей експлуатації та очікуваних результатів. Важливо також роз'яснювати технічні відмінності між мережевими, автономними та гібридними сонячними електростанціями, зокрема можливості забезпечення резервного електроживлення під час відключень централізованої мережі.

Дослідження також дало змогу визначити цифрові платформи, які респонденти найчастіше використовують для отримання інформації про відновлювану енергетику. Найбільш популярним виявився Telegram (65,4%), тоді як Instagram зазначили 34,6% опитаних, YouTube – 32,7%, а Facebook – 26,9%. Отримані дані свідчать про доцільність використання Telegram для оперативного поширення інформаційних повідомлень, а також залучення інших цифрових платформ для розміщення відеоматеріалів, інфографіки та практичних рекомендацій.

При цьому інформація про державні й місцеві програми фінансової підтримки має супроводжуватися посиланнями на офіційні джерела. Підвищення рівня обізнаності населення доцільно здійснювати поетапно, починаючи з висвітлення переваг і можливостей використання сонячної енергії та поступово переходячи до пояснення технічних особливостей СЕС, вартості обладнання, умов встановлення й доступних механізмів фінансування. Для оцінювання результативності запропонованих інформаційних заходів рекомендовано проводити повторні опитування, які дадуть змогу простежити зміни в рівні знань населення та його готовності до практичного використання сонячних електростанцій.

Отже, результати проведеного дослідження засвідчили переважно позитивне ставлення опитаних до розвитку сонячної енергетики в м. Миколаєві. Водночас визначено низку безпекових, економічних та інформаційних перешкод, які можуть стримувати її поширення. Подолання цих бар'єрів потребує поєднання доступного інформування населення, консультаційної підтримки та популяризації наявних механізмів фінансування.

Перспективним напрямом подальших досліджень є проведення масштабнішого опитування зі збалансованим представленням різних вікових груп, що дозволить отримати точнішу оцінку рівня обізнаності населення міста та визначити ефективність запропонованих заходів.

Список використаних джерел

1. Відновлювані джерела енергії : монографія / за заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 392 с. URL: https://ela.kpi.ua/items/d2954f23-8e1f-498c-b9ce-150c9f21987b (дата звернення: 20.10.2026).

2. Веремійчук Ю. А., Опришко В. П., Притискач І. В., Ярмолюк О. С. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. Київ : Видавничий дім «Кий», 2020. 186 с. URL: https://ela.kpi.ua/items/4b14d256-fb4e-4a16-af55-5aab98e9f0a4 (дата звернення: 20.10.2026).

3. Чайка В. В. Використання сонячних електростанцій : авторська анкета онлайн-опитування. 2026. URL: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSempICmsicqGgXZHfobtdgp0CSLlN5x-w2qOz_fBUIEPArs0Q/viewform (дата звернення: 20.10.2026).

4. Фонд енергоефективності. Програма «ГрінДІМ». URL: https://eefund.org.ua/greendim/ (дата звернення: 20.10.2026).

UDC 004.8:504.06

Anna Aleksieieva
Ph.D., associate professor,
associate professor of the Ecology Department
Petro Mohyla Black Sea National University
Mykolaiv, Ukraine

MACHINE LEARNING FOR ENVIRONMENTAL AUDITING: APPLICATIONS, METHODOLOGICAL CHALLENGES, AND FUTURE PERSPECTIVES

This contribution reviews the potential applications of machine learning (ML) in environmental auditing, focusing on environmental data analysis, anomaly detection, pollution prediction, and environmental risk assessment. Existing research on the use of machine learning in air quality monitoring, soil assessment, water quality evaluation, and waste management is analysed. The main methodological challenges and future directions for integrating machine learning into environmental auditing practices are identified.

Environmental auditing has become increasingly important due to the growing complexity of interactions between industrial activities, natural ecosystems, and human health. Environmental assessment requires the analysis of multiple indicators, including atmospheric emissions, wastewater characteristics, soil contamination, resource consumption, waste generation, and compliance with applicable environmental requirements. The relationships between these indicators are often nonlinear, while their values may vary substantially over time and across geographical locations.

Traditional environmental auditing generally combines instrumental measurements, laboratory analyses, document verification, regulatory assessment, and expert interpretation. These methods remain fundamental for establishing the actual environmental performance of an audited entity. Nevertheless, conventional analytical procedures may be insufficient for identifying complex relationships in large datasets, detecting subtle deviations from normal operating conditions, or estimating environmental risks before they become critical.

Machine learning offers a promising complementary approach. By identifying patterns in historical and real-time data, ML algorithms can support the interpretation of environmental measurements, estimate unobserved or future values, and identify potentially significant deviations requiring further investigation. Recent reviews demonstrate the expanding application of artificial intelligence in air pollution forecasting, water quality assessment, and waste management [1–3].

The objective of this study is to review the principal opportunities and methodological challenges associated with applying machine learning to environmental auditing. Particular emphasis is placed on matching specific auditing tasks with appropriate ML techniques and identifying directions for developing reliable, interpretable, and practically applicable analytical systems.

Machine Learning Tasks in Environmental Auditing. The application of ML to environmental auditing can be considered in terms of several interrelated tasks. The first task is environmental data analysis and indicator estimation. Environmental datasets may combine laboratory measurements, continuous sensor readings, satellite observations, operational records, and information about production processes. Regression algorithms, including random forests, gradient boosting, support vector regression, and artificial neural networks, can estimate environmental indicators from multiple input variables. Such models may help identify relationships between operating conditions and pollutant concentrations or estimate environmental quality indicators when direct measurements are limited.

The second task is anomaly detection and identification of potential non-compliance. Environmental violations may be associated with sudden emission increases, unusual wastewater characteristics, abnormal resource consumption, or inconsistencies between reported and measured values. Classification algorithms can identify deviations when representative examples of normal and abnormal conditions are available. Alternatively, unsupervised methods, such as clustering and isolation-based anomaly detection, can identify unusual observations without requiring a complete set of labelled violations. These results should be interpreted as indicators for additional verification rather than automatic proof of regulatory non-compliance.

The third task is environmental risk prediction. Supervised learning methods can estimate the probability or expected magnitude of adverse environmental events using historical observations, meteorological variables, industrial operating parameters, and geographical information. Artificial neural networks are particularly relevant when complex nonlinear relationships must be modelled. Recurrent neural networks and other temporal architectures can additionally capture dependencies in sequential measurements. Their potential applications include forecasting air pollutant concentrations, predicting changes in water quality, and identifying conditions associated with elevated environmental risks.

The fourth task is spatial assessment and environmental impact analysis. Satellite imagery, aerial photographs, geographic information systems, and ground-based measurements can be combined to identify land-cover changes,

vegetation degradation, disturbed soil, and spatial patterns of potential contamination. Convolutional neural networks can extract relevant features from imagery, while tree-based algorithms can classify environmental conditions using spectral, climatic, and geographical variables. Integrating these outputs with field measurements may improve the spatial coverage of environmental assessments.

The fifth task is waste management and resource efficiency assessment. ML models can predict waste generation, classify waste streams, estimate treatment performance, and identify opportunities to reduce material losses. These applications can support the evaluation of resource efficiency and the identification of processes requiring further environmental investigation.

The appropriate algorithm depends on the available data, the target indicator, the required prediction horizon, and the consequences of incorrect predictions. Consequently, model selection should be based not only on predictive accuracy but also on data quality, interpretability, computational requirements, and suitability for the specific auditing task.

Evidence from Previous Research. Published research provides evidence that ML can support several analytical functions relevant to environmental auditing. S. Chadalavada, et al. [1] systematically reviewed artificial intelligence applications in air pollution monitoring and forecasting. Their analysis highlights the potential of ML and deep learning to capture complex spatial and temporal relationships in air quality data. Integrating information from multiple sources can improve forecasting capabilities, while the interpretability and generalizability of predictive models remain important challenges. For environmental auditing, these findings are relevant to identifying pollution trends, assessing the consistency of environmental indicators, and detecting periods of elevated atmospheric pollution.

F. Diaz-Gonzalez, et al. [2] reviewed the application of machine learning and remote sensing for estimating soil indicators. Their study demonstrates the relevance of combining satellite and unmanned aerial vehicle observations with ML algorithms to assess soil-related characteristics. Such approaches can extend environmental assessment beyond individual sampling locations and help identify spatially heterogeneous environmental conditions. However, remote sensing estimates require appropriate calibration and validation against representative ground measurements before they can be used as reliable evidence in an audit.

Water quality represents another important application domain. A review in paper [3] examined ML methods for evaluating water quality across surface water, groundwater, drinking water, wastewater, and marine environments. The reviewed approaches include predictive modelling, classification, and the analysis of complex relationships between water

quality parameters. For environmental auditing, these techniques may support the identification of unusual water quality patterns, the estimation of pollutant concentrations, and the prioritization of locations requiring additional sampling. Nevertheless, model predictions cannot replace the laboratory procedures and measurement protocols required to establish compliance with environmental standards.

ML is also increasingly relevant to waste management. M. Abdallah, et al. [4] conducted a systematic review of artificial intelligence applications in solid waste management, identifying multiple application areas and frequently used methods, including artificial neural networks, support vector machines, and decision trees. Their analysis also identifies data scarcity, incomplete information, and limited interpretability as barriers to implementation. These limitations are particularly important in environmental auditing, where the reliability and traceability of evidence are essential.

Further insights are provided by N. Taoufik, et al. [5], who reviewed ML-based prediction and modelling of pollutant removal processes. Their study illustrates how data-driven models can estimate treatment efficiency and characterize relationships between process conditions and pollutant removal. Such capabilities are relevant to auditing wastewater treatment facilities and other pollution-control installations because they can help assess process performance, identify atypical operating conditions, and support the investigation of potential efficiency losses.

Taken together, these studies indicate that ML is most useful when environmental auditing requires the integration of diverse observations, the identification of nonlinear relationships, or the analysis of conditions that cannot be adequately characterized through isolated measurements. However, the reported applications primarily concern environmental monitoring, prediction, and process assessment. Their integration into formal auditing procedures requires additional attention to validation, evidential requirements, and regulatory applicability.

Methodological Challenges and Limitations. Despite its potential, the implementation of ML in environmental auditing faces several methodological challenges. First, environmental data are frequently incomplete, heterogeneous, and unevenly distributed. Measurement frequency may differ between monitoring stations, while laboratory procedures and sensor characteristics may introduce systematic differences. Missing values, measurement errors, and insufficient representation of extreme environmental conditions can substantially affect model performance. Appropriate preprocessing, data quality assessment, and transparent documentation are therefore essential.

Second, predictive accuracy does not necessarily guarantee reliable application in a new environment. A model trained using data from one industrial facility, geographical region, or season may perform poorly under different operating conditions. Independent validation, temporal testing, and assessment of transferability are required before practical deployment. Particular care is needed when historical data contain few examples of severe pollution events.

Third, the interpretability of ML models is important for environmental auditing. Complex neural networks may produce accurate predictions without providing sufficiently clear explanations of the factors influencing their outputs. Explainable artificial intelligence methods, feature-importance analysis, and sensitivity assessment can help auditors understand model behavior. However, statistical associations should not automatically be interpreted as causal relationships.

Fourth, uncertainty must be considered explicitly. Environmental measurements contain observational uncertainty, while predictive models introduce additional uncertainty related to limited training data, model structure, and changing environmental conditions. Prediction intervals, probabilistic estimates, and sensitivity analysis can help communicate these limitations. A model should not be treated as reliable solely because it performs well on a single validation dataset.

Finally, environmental auditing involves legal, organizational, and evidential requirements that extend beyond prediction. ML outputs should be traceable to their underlying data, model versions, and validation procedures. Automated systems may prioritize inspections or identify potential discrepancies, but decisions concerning compliance should remain grounded in applicable regulations and verified evidence.

Future Perspectives. Further development of ML-based environmental auditing is likely to follow several complementary directions. One promising direction is the integration of heterogeneous data sources. Combining sensor measurements, laboratory results, satellite imagery, production records, and environmental databases may provide a more comprehensive representation of environmental performance. Data fusion can improve the detection of inconsistencies that remain difficult to identify when individual sources are analyzed separately.

Another direction involves explainable and uncertainty-aware artificial intelligence. Environmental auditors need not only predictions but also information about the reliability of these predictions and the factors contributing to the estimated results. Explainable models, uncertainty quantification, and transparent reporting procedures can improve the practical usefulness of ML-based assessments.

Hybrid modelling also deserves attention. Combining neural networks with physical relationships, mass-balance equations, transport models, and established environmental principles may reduce implausible predictions and improve model performance when experimental data are limited. Such approaches are particularly relevant to environmental systems governed by physical and chemical processes.

Finally, ML could become an important component of intelligent environmental decision-support systems. These systems could integrate continuous monitoring, anomaly detection, risk forecasting, and prioritization of inspection activities. Their practical value would depend on reliable data infrastructure, standardized validation procedures, appropriate human oversight, and integration with existing environmental management and auditing practices.

In conclusion, machine learning offers substantial opportunities to strengthen the analytical capabilities of environmental auditing. Its principal applications include environmental indicator estimation, anomaly detection, pollution forecasting, spatial assessment, and evaluation of waste treatment and resource efficiency. Previous studies demonstrate the relevance of these methods across several environmental domains. Nevertheless, effective implementation requires more than selecting a high-performing algorithm. Data quality, independent validation, model interpretability, uncertainty assessment, and transferability must be considered throughout the modelling process. Furthermore, predictive results should complement rather than replace verified measurements, regulatory assessment, and professional judgment.

Future research should focus on explainable neural networks, hybrid physical-data-driven models, multimodal environmental data integration, and uncertainty-aware decision-support systems. These developments could facilitate the transition from predominantly retrospective environmental assessment towards more continuous, predictive, and risk-oriented auditing, while maintaining the transparency and evidential reliability required for environmental decision-making.

Bibliography

1. Chadalavada S., et al. Application of artificial intelligence in air pollution monitoring and forecasting: A systematic review. *Environmental Modelling & Software.* 2025. Vol. 185, 106312. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106312

2. Diaz-Gonzalez F., et al. Machine learning and remote sensing techniques applied to estimate soil indicators – Review. *Ecological Indicators.* 2022. Vol. 135. 108517. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108517

3. Zhu M., et al. A review of the application of machine learning in water quality evaluation. *Eco-Environment & Health.* 2022. Vol. 1, Issue. 2. P. 107–116. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eehl.2022.06.001

4. Abdallah M., et al. Artificial intelligence applications in solid waste management: A systematic research review. *Waste Management.* 2020. Vol. 109. P. 231–246. DOI: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.057

5. Taoufik N., et al. The state of art on the prediction of efficiency and modeling of the processes of pollutants removal based on machine learning. *Science of The Total Environment.* 2022. Vol. 807. 150554. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150554

UDC 612.014.46:546.3

Oleksandr Lukonin
PhD student at the Department of Ecology
Educational and Research Medical Institute
Petro Mohyla Black Sea National University
Mykolaiv, Ukraine

IMPACT OF HEAVY METALS ON PHYSIOLOGICAL AND REGENERATIVE PROCESSES IN THE HUMAN BODY

Modern technogenic impact on the environment leads to the accumulation of heavy metals in soil, water, and air. Entering the human body via ingestion, inhalation, or dermal contact, these toxicants are capable of disrupting physiological processes and significantly inhibiting tissue regeneration. The aim of this work is to analyze the mechanisms of influence of the most common heavy metals (lead, cadmium, mercury, arsenic) on the functional state of organs and systems and on restoration processes in the human body.

Heavy metals exhibit a pronounced affinity for sulfhydryl groups of proteins, which causes inhibition of respiratory chain enzymes and disruption of cellular energy supply. In particular, cadmium and lead block the activity of cytochrome oxidase, leading to tissue hypoxia. This, in turn, causes oxidative stress – excessive generation of reactive oxygen species (ROS) and depletion of the antioxidant system (glutathione, superoxide dismutase,

catalase). Excess ROS induces lipid peroxidation of membranes, which underlies cytolysis and cell necrosis.

Impact of Cadmium on Skin Wound Healing. Experimental studies on rats convincingly demonstrate that cadmium disrupts all phases of wound healing. At a concentration of 1.0% cadmium chloride, complete blockade of regeneration was observed: wounds did not close, and a massive inflammatory infiltrate consisting of lymphocytes, macrophages, and fibroblasts was formed. Epidermal cell migration occurred, but cells underwent pronounced vacuolization, and the basement membrane remained indistinct or absent. This led to the formation of disorganized epidermis and the absence of a normal scar. Importantly, even low doses of cadmium (0.01-0.1%) did not cause acute toxic effects on the liver or kidneys but still induced moderate epidermal hyperplasia, indicating subclinical impairment of regenerative processes.

Role of Zinc and Metal Competition. A key mechanism of cadmium toxicity is its ability to disrupt zinc metabolism – an essential trace element required for regeneration. Zinc is a component of metalloenzymes involved in epidermal cell replication, collagen synthesis, and the functioning of matrix metalloproteinases. By competing with zinc for binding to proteins and transport systems, cadmium displaces it from the active centers of enzymes, leading to impaired collagen synthesis and epithelialization. Furthermore, excess cadmium disrupts the balance of calcium and magnesium in the wound area, which are also essential for normal reparative processes.

Impairment of Angiogenesis and Stem Cells. Heavy metals suppress stem cell proliferation and disrupt angiogenesis – a key stage of healing. Lead and mercury inhibit the migration and differentiation of stem cells and reduce the secretion of growth factors, in particular VEGF (vascular endothelial growth factor) and KGF (keratinocyte growth factor), which are necessary for granulation tissue formation and re-epithelialization. This leads to chronic inflammation, slowed granulation tissue formation, and impaired epithelialization.

Modern Approaches to Detoxification. Developing strategies to protect against the toxic effects of heavy metals is a pressing area of research. A promising approach is the use of chelating agents, in particular biomimetic supramolecular metallopeptides, which are capable of selectively binding cadmium ions, converting them into structurally inert nanoforms, thereby reducing oxidative stress and promoting tissue restoration. Another direction is the use of antioxidants, in particular α-lipoic acid, which via the Nrf2/ARE signaling pathway promotes glutathione regeneration and protects cells from cadmium-induced cytotoxicity.

The main mechanisms of heavy metal impact at the cellular level are schematically presented in Figure 1.

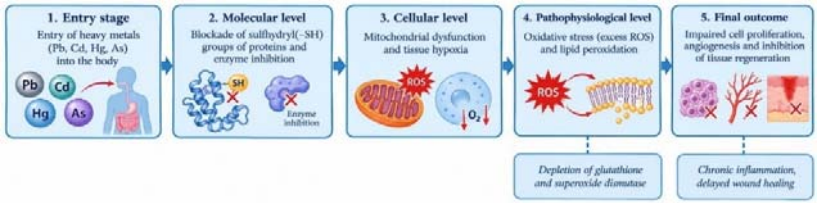


Figure 1. – Pathogenetic mechanisms of heavy metal impact on regeneration processes

Thus, heavy metals exert polytropic toxic effects on the human body, disrupting basic physiological processes and suppressing reparative regeneration. Cadmium is particularly dangerous, as even at low concentrations it causes subclinical healing impairment, and at high concentrations it completely blocks regeneration. This substantiates the need to develop comprehensive detoxification and antioxidant protection measures for individuals living in areas of elevated technogenic load.

Bibliography

1. Bardov V. G., Omelchuk S. T., Merezhkina N. V., et al. (2020). *Hyhiiena ta ekolohiia* [Hygiene and Ecology] (V. G. Bardov (ed.)). Nova Knyha. 472 p. (in Ukrainian).

2. Puzik V. K., Voloshchenko V. V., Kryshtop Ye. A., et al. (2016). *Ekolohichna toksykolohiia* [Environmental Toxicology]. KhNAU. 349 p. (in Ukrainian).

3. Melnyk O. P., Kuzmin O. V. & Kiiko, V. V. (2022). *Kharchova toksykolohiia* [Food Toxicology]. Oldi+. 180 p. (in Ukrainian).

4. Trakhtenberh I. M. (2021). *Knyha pro otruity ta otruyennia: narysy toksykolohii* [A Book on Poisons and Poisonings: Essays on Toxicology] (L. T. Haida, Ed.; 2nd ed.). TNMU. 421 p. (in Ukrainian).

Vazhnichaya E. M., Baliuk O. Ye., Bobrova N. O. (2023) Oxidative stress: classic doctrine and its update. *Bulletin of problems in biology and medicine,* Issue 2(169), P. 28–33. DOI: http://doi.org/10.29254/2077-4214-2023-2-169-28-33 (in English).

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Редактор *А. Фесенко.*
Комп’ютерна верстка, дизайн обкладинки *Д. Кінаш.*
Друк *С. Волинець*. Фальцювально-палітурні роботи *О. Мішалкіна.*

Підп. до друку 09.11.2026.
Формат 60x84 $^{1}/_{16}$. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 3,72. Обл.-вид. арк. 3,02.
Тираж 10,27 пр. Зам. № 7416.

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.
54003 м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: +380 (512) 50-03-32, +380 (512) 76-55-81,
e-mail: rector@chmnu.edu.ua
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2018