МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет біології, географії та екології
Кафедра географії та екології

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконав: студент 05-216М групи
Спеціальність 101 Екологія
Освітньо-професійна програма «Екологія»
Войтов Олександр Юрійович
Керівник к.біол.н., доцентка Сараненко І.І.
Рецензент: директорка ТОВ "ЕКОПРАЙМ ПЛЮС" Осадча А.В.

Івано-Франківськ-2025

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. Загальна характеристика об'єкту дослідження……. 5

1.1. Природно-географічні та кліматичні особливості…….. 5

1.2. Сучасні наукові акценти зарубіжних та регіональних дослідників……. 8

РОЗДІЛ 2. Методика виконання роботи …… 13

2.1. Проблематика оцінювання екологічного стану регіонів у період військової агресії…….. 13

2.2. Способи визначення екологічних ризиків 15

РОЗДІЛ 3. Оцінювання якості довкілля …… 19

3.1. Атмосферне повітря…….. 19

3.2 . Водні ресурси……. 23

3.3. Земельні ресурси і ґрунти …… 27

3.4. Надра…….. 33

3.5. Природно-заповідний фонд…… 35

РОЗДІЛ 4. Міжнародний досвід у визначенні екологічних ризиків…… 38

ВИСНОВКИ…….. 43

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……. 45

ВСТУП

Актуальність теми: Сучасний етап розвитку Миколаївської області характеризується посиленням антропічного навантаження на довкілля, трансформацією природних екосистем і зростанням техногенних ризиків, особливо в умовах воєнної агресії. Зміни клімату, деградація ґрунтів, дефіцит водних ресурсів, воєнно-техногенне забруднення надр, зниження біорізноманіття та зношеність очисних систем створюють комплексну екологічну небезпеку регіонального рівня. Актуальність роботи зумовлена необхідністю інтегральної оцінки екологічного стану довкілля за сучасними національними та міжнародними методиками, визначення екологічних ризиків і розроблення напрямів екологічної стабілізації регіону.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами: робота відповідає основним напрямам наукових досліджень кафедри географії та екології та завданням ІНДР №0124U005186.

Мета та завдання дослідження: метою роботи є комплексна оцінка сучасного стану компонентів довкілля Миколаївської області у 2021–2024 рр., визначення рівня екологічних ризиків і тенденцій в умовах воєнного періоду на основі поєднання вітчизняних індексів та міжнародних підходів.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

1. Проаналізувати природно-географічне положення та кліматичні особливості Миколаївської області як чинники формування екологічних ризиків.
2. Оцінити якість атмосферного повітря.
3. Провести аналіз екологічного стану водних ресурсів.
4. Охарактеризувати стан земельних ресурсів та ґрунтів.
5. Визначити екологічні проблеми користування надрами.
6. Проаналізувати стан природно-заповідного фонду.

7. Провести порівняльний аналіз оцінювання довкілля за національною та міжнародною методиками.

Об’єкт дослідження: сукупність природних компонентів навколишнього середовища Миколаївської області (атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти, надра, природно-заповідний фонд) та процеси їх антропогенної трансформації в умовах воєнного та післявоєнного періоду.

Предмет дослідження: екологічні показники стану довкілля Миколаївської області (*Із, IEC, Igeo, WQI, ERA*) та інтегральні ризики за компонентами навколишнього середовища, оцінені на основі національних і міжнародних методик.

Методи дослідження: аналітичний, статистичний і порівняльний аналіз, індексний, експертного оцінювання, системний підхід.

Наукова новизна одержаних результатів: проведено комплексну оцінку стану довкілля Миколаївської області за 2021–2024 рр. з використанням національних та міжнародних методик оцінки ризиків.

Практичне значення одержаних результатів: результати можуть бути використані Миколаївською ОДА та Департаментом екології для підготовки регіональних програм охорони довкілля та адаптації до змін клімату. Матриця екологічних ризиків може слугувати інструментом для визначення пріоритетів екомодернізації регіону та планування заходів післявоєнної відбудови.

Апробація результатів роботи:

Сараненко І.І., Войтов О.Ю. Аналіз якості довкілля регіонів. *Міжнародна науково-практична конференція «Science, technology and culture: integration and prospects».* 3–5 листопада 2025 року, м. Харків, Україна.

Кваліфікаційна робота обсягом 50 сторінок складається з 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, містить 6 рисунків, 16 таблиць, 10 формул.

РОЗДІЛ 1
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Природно-географічні та кліматичні особливості

Миколаївська область розташована на півдні України між 46º30′–48º15′ пн. ш. та 30º15′–33º05′ сх. д. та охоплює площу 24,598 тис. км^2, що складає 4,08% від території країни. Географічно вона входить до складу Причорноморської низовини, в межах басейну нижньої течії річки Південний Буг, і межує на заході з Одеською областю, на півночі з Кіровоградською областю, на сході з Дніпропетровською областю, на півдні з акваторією Чорного моря (рис. 1.1). Таке розташування формує для регіону низку природно-географічних та кліматичних особливостей, які мають суттєве значення для екологічного стану, природокористування і планування розвитку території [1–5].

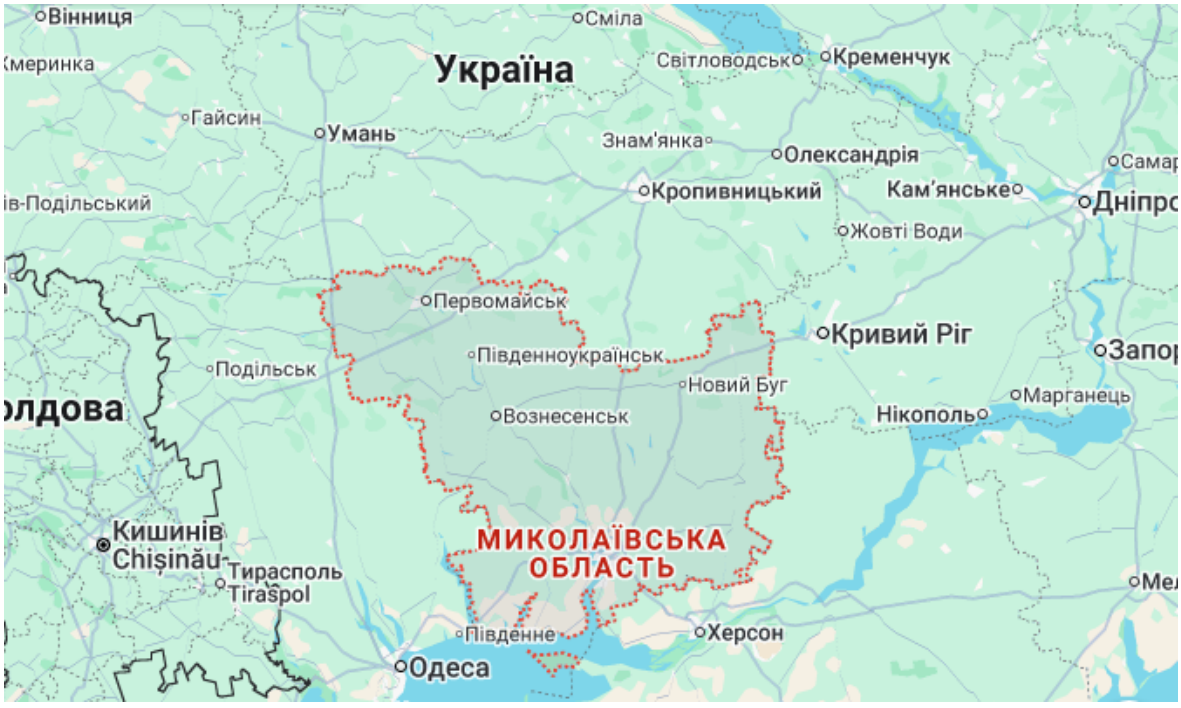


Рис. 1.1 – Місцерозташування Миколаївської області [6]

Більша частина області лежить на рівнинній частині Причорноморської низовини; на півночі простежуються відроги Подільської та Придніпровської височин з характерною мережею балок, ярів і долин. Рельєф має спад з півночі на південь, що визначає природний водовідвід, розвиток річкових систем (насамперед Південного Бугу та його приток) і формує умови для агромереж. Ґрунтовий покрив переважно складається з чорноземів, які на півдні переходять у каштанові ґрунти, що сприятливо позначається на сільськогосподарському використанні території [2–5].

Клімат Миколаївщини можна класифікувати як помірно континентальний з помітним суховійним характером: зима переважно м’яка і малосніжна, літо – жарке, часто з сухими періодами і можливими пиловими бурями. Середня температура січня – -4,5ºС, липня – +22,2ºС–+27ºС. Річна кількість опадів складає 330 мм на півдні та 450 мм на півночі області. Наявність великого числа сухих днів (до 243 днів на рік без опадів) та збільшення тривалості бездощових періодів є однією з кліматичних рис.

У межах області зафіксовано тенденцію до підвищення середньої і максимальної температури повітря – темп зміни на рівні 0,6ºС –0,7ºС за 10 років, що трохи вище середнього по Україні. Водночас збільшення кількості днів з екстремальною спекою, «тропічних ночей» (коли мінімальна температура > 20ºС), посилення посушливих умов, зменшення снігового покриву. Усе це свідчить про поступове посилення кліматичного стресу, підвищене навантаження на агросистеми, збільшення ерозійної активності, зниження продуктивності водних і ґрунтових ресурсів, посилення ризику природно-техногенних явищ (наприклад, пилові бурі, засухи) [2–5].

З точки зору екологічного управління і природокористування, ці географічні й кліматичні особливості мають такі наслідки:

- вигідне розташування на транспортному коридорі (морські порти, річковий шлях Південного Бугу) створює давальний потенціал розвитку промисловості та перевалки, але водночас породжує підвищений ризик антропогенного навантаження на природні системи;

- вигідне розташування на транспортному коридорі (морські порти, річковий шлях Південного Бугу) створює потенціал розвитку промисловості та перевалки, але водночас породжує підвищений ризик антропогенного навантаження на природні системи;

- недостатня кількість річних опадів і висока кількість сонячних днів створюють умови для інтенсивної агровиробничої діяльності, однак також збільшують потребу в зрошенні, гідромеліорації та контролі за деградацією ґрунтів;

- кліматична тенденція до підвищення температур і засух створює додатковий ризик для водних ресурсів (зменшення стоку, підвищення випаровування), що має наслідки для екологічного стану річок, озер і лиманів;

- посилення суховійних умов і ерозійних процесів у зоні сільськогосподарського освоєння потребує заходів охорони ґрунтів, управління стоком, збереження природних смуг і водоохоронних зон [2–5].

Отже, природно-географічні умови регіону є одночасно потенційною перевагою (родючі чорноземи, вихід до моря, транспортна логістика) та чутливим середовищем (посушливий клімат, зміна температур, водно-ресурсне навантаження). Необхідно врахувати ці характеристики як фон природних ризиків, а також як базу для оцінки антропогенного навантаження і деградаціних тенденцій.

1.2. Сучасні наукові акценти зарубіжних та регіональних дослідників

За останнє десятиліття (2015–2025 рр.) тематика екологічного моніторингу та оцінки ризиків у Миколаївській області стала значно інтенсивнішою: поряд з регулярними регіональними доповідями (управління екології Миколаївської ОДА) з'явилось більше прикладних досліджень з акцентом на водну безпеку, вплив війни (пошкодження інфраструктури й викиди), оцінку якості ґрунтів і накопичення важких металів у донних осадах.

Помітна роль у цій хвилі належить як українським вченим і регіональним дослідникам (університети м. Миколаєва, НАНУ, інститути, аграрні виші), так і міжнародним групам й міждисциплінарним командам, які досліджували наслідки кліматичних змін і бойових дій (особливо після руйнування Каховського водосховища).

Сергій Сніжко у 2024 році аналізував водну безпеку Південного Бугу і перспектив післявоєнної відбудови м. Миколаїв; використовував комплексні інструменти: аналіз гідрологічних даних, моделювання водопостачання та кліматичні сценарії; ключовий висновок – посилення водної вразливості внаслідок поєднання кліматичних тенденцій і руйнувань інфраструктури. Це одне з провідних сучасних академічних досліджень про водну безпеку регіону [7].

Олександра Шумілова з міжнародними колегами у 2025 році досліджувала екологічні наслідки руйнування Каховської дамби з акцентом на донних осадах, важких металах, довгострокових ризиках для річкових екосистем і людського здоров'я; робота привернула увагу та є прикладом оцінки великомасштабних техногенних катастроф у воєнний час [8].

Регіональні дослідники і фахівці Миколаївської ОДА, обласних університетів у серії регіональних доповідей у період з 2016 до 2024 року

систематично фіксують викиди, стан повітря, вод і ґрунтів; ці доповіді виконують функцію «оперативного» моніторингу і часто використовують як вихідні дані в наукових статтях. Авторські колективи цих доповідей – управління екології Миколаївської ОДА та місцеві лабораторії [1].

Регіональні екологи й аграрні дослідники місцевих кафедр екології й агрономії публікують роботи з моніторингу ґрунтів, оцінки забруднення важкими металами, агроекологічних ризиків; аналізують локальні прояви техногенного впливу та деградації земель.

Аналітиками з Національної академії, ДЕІ, Міндовкілля розроблено методичні рекомендації щодо процедури проведення екологічного аудиту промислових об’єктів, оцінки ризиків хвостосховищ та накопичувальних сховищ; опубліковано звіти та виконані технічні дослідження на замовлення ОДА і міжнародних донорів.

Міжнародні гідрологи і кліматологи (Fred Fokko Hattermann, Axel Bronstern, 2024) зробили внесок у моделювання водних ресурсів Південного Бугу, інтеграцію кліматичних сценаріїв у оцінку водної безпеки м. Миколаїв.

Розглянемо наукові акценти з екологічної безпеки в Україні та світі.

Протягом періоду 2020–2023 років українські науковці, зокрема Хвесик М. А. та Кулаковський Б. В., активно розвивали методологічні основи оцінки екологічних ризиків у контексті регіонального природокористування та сталого економічного розвитку. Їхні дослідження були спрямовані на адаптацію міжнародних підходів до національних умов, допомагаючи інтегрувати екологічні ризики в економічне та територіальне планування для підвищення регіональної стійкості [15, 37,38,40].

У 2022 році колектив вчених Liang et al. опублікував у міжнародному журналі дослідження, присвячене прогресу та перспективам екологічних ризиків від зміни землекористування. Автори зосередилися на тому, як інтенсивне використання та зміна земного

покриву (урбанізація, сільське господарство) призводять до деградації ґрунтів, втрати лісових ресурсів та біорізноманіття на регіональному рівні. Цінність їхньої роботи полягає у систематизації та узагальненні методологій оцінки цих ризиків, що закладає наукову основу для превентивних заходів та планування сталого землекористування.

Починаючи з 2023 року і до 2024, в українській науковій спільноті, представленій такими вченими, як Ковалевська Г.О. та Галушкіна Т.П. (згідно з провідними публікаціями), сформувався пріоритетний напрямок оцінки воєнно-екологічних ризиків. Дослідники сфокусувалися на наслідках бойових дій: від хімічного та мінного забруднення ґрунтів і вод до знищення лісів та втрати біорізноманіття у постраждалих регіонах. Цінність цих робіт є критично важливою для оперативного планування відновлення, розробки протоколів екологічної безпеки та мінімізації довгострокових загроз довкіллю України.

У 2025 році міжнародна наукова спільнота продовжила вивчення специфічних регіональних загроз здоров'ю та навколишньому середовищу. Наприклад, Haniyeh Soltanpour et al. провели оцінку ракових та неракових ризиків для здоров'я, пов'язаних із впливом кристалічного діоксиду кремнію на працівників у залізорудному кар'єрі в Ірані. Цінність цього дослідження полягає у наданні конкретних регіональних даних для розробки заходів із професійної безпеки та захисту здоров'я у гірничодобувній галузі. Того ж 2025 року дослідники Huang, L. et al. звернули увагу на нові хімічні загрози, опублікувавши аналіз розподілу та потенційних ризиків для здоров'я від пер- та поліфторалкільних речовин (PFAS) у продуктах харчування (молочних та яєчних) у регіоні Гуанчжоу (Китай). Це дослідження є цінним внеском у розуміння глобального поширення "вічних хімікатів" та формуванні регіональної продовольчої безпеки.

Нарешті, у 2025 році на національному рівні було підготовлено звіт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, який

стосувався здійснення оцінки ризиків та вразливості біорізноманіття до зміни клімату. Цей документ має велике значення для державної політики, оскільки узагальнює дані та визначає стратегічні напрямки для захисту української біоти від кліматичних загроз у різних регіонах країни.

Результати наукових досліджень виявили основні актуальні питання для висвітлення та вирішення екологічних проблем регіонів:

- моніторингові вимірювання (лабораторні аналізи води, ґрунту, донних осадів, повітря) базисних хімічних показників, концентрацій важких металів та використання результатів у локальних та регіональних звітах;
- моделювання гідрологічних і водорозподільних сценаріїв: гідрологічні моделі, сценарії кліматичних змін;
- дистанційні методи та аналіз супутникових даних для оцінки розповсюдження осадів, ерозії, змін у водній поверхні після руйнувань використовують у міжнародних дослідженнях наслідків руйнування дамб;
- екологічна оцінка ризиків (ERA) – HQ/HI, сценарні підходи для оцінки впливу токсичних елементів на людину та екосистеми використовують у національних дослідженнях так і закордонних;
- водна безпека і поствоєнні ризики: різко зросла увага і кількість досліджень після 2022 року. Руйнування інфраструктури (перерви у водопостачанні) та підрив Каховської ГЕС створили як гострі (відсутність питної води), так і довгострокові екологічні ризики (перенос забруднень донних осадів, важки метали);
- локальні «гарячі точки» забруднення ґрунтів і донних осадів: регіональні дослідження фіксують перевищення по окремих металах, нафтопродуктах у зонах поблизу промислових підприємств, портів, зон бойових дій; є перші звіти про підвищений вміст As, Pb, Cd у зразках з постконфліктних територій [34 –36,39];

- кліматична вразливість і водні дефіцити: кліматичні зміни підсилюють водну вразливість Південного Бугу та регіону в цілому; науковці закликають інтегрувати кліматичні сценарії у плани відновлення;
- методологічні тренди: зростає застосування міждисциплінарних підходів (моніторинг + моделювання +дистанційні дані + ERA), що підвищує якість оцінок й дозволяє будувати практичні рекомендації для управління ризиками.

Окрім успішних і результативних наукових досліджень науковці, державні службовці, приватні підприємці, громадські організації, що займаються питаннями екологічної безпеки регіонів, стикаються з певними викликами:

- нестача довготривалої спеціалізованої хімічної бази по формальдегіду та деяких металах (особливо в зоні бойових дій), потреба у регулярних вибіркових мережах моніторингу;
- обмеженість публікацій з ґрунтової та осадової токсикології у контексті війни; потрібно більше робіт з біодоступності металів і довгострокових біоакумуляційних сценаріїв;
- необхідність інтеграції соціоекономічних аспектів у ERA, оцінювання впливу на вразливі групи населення, аграрні виробництва, рибальство;
- потреба у відкритих даних і спільних базах для прискорення наукового аналізу та підтримки оперативних рішень відновлення.

Огляд показує, що за останні 10 років дослідження по Миколаївській області трансформувались від традиційного моніторингу (викиди, якість води) до інтегрованих оцінок із застосуванням моделювання, ERA і дистанційного зондування особливо в умовах, коли військові дії привнесли нові джерела та маршрути забруднення.

РОЗДІЛ 2
МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.1. Проблематика оцінювання екологічного стану регіонів у період військової агресії

Оцінка екологічного стану регіонів України у сучасних умовах є ключовим завданням державної екологічної політики, оскільки антропогенний тиск на природне середовище посилюється як унаслідок економічної діяльності, так і внаслідок воєнних дій та характеризується фундаментальною трансформацією традиційних методологій та кризою моніторингу. Військові дії не лише спричинюють безпрецедентну шкоду екосистемі, але й руйнують саму можливість об'єктивної та своєчасної оцінки цієї шкоди. Проблема оцінювання перейшла від рутинного контролю за станом довкілля до воєнно-екологічного аудиту та розрахунку збитків, які мають стратегічне значення для післявоєнного відновлення [12, 14–17].

1. Ключовою проблемою є фізична та функціональна деградація мережі екологічного моніторингу:

а) Фізична недоступність та небезпека: інформаційні «сліпі зони» (значні території, особливо вздовж лінії фронту, замінновані ділянки) є недоступними для проведення відбору проб ґрунту, води та повітря. Це призводить до виникнення критичних інформаційних прогалин щодо реального рівня забруднення. Як показує досвід Миколаївщини, це призвело до повної зупинки державного моніторингу підземних вод, що є найбільш небезпечною прогалиною, оскільки саме підземні води є джерелом питного водопостачання і найбільш вразливі до інфільтрації токсичних речовин.

б) Руйнування мережі: стаціонарні пости спостереження, метеорологічні та гідрологічні станції, лабораторні потужності у прифронтових регіонах часто зруйновані або пошкоджені, що унеможливлює збір безперервних та репрезентативних даних.

в) Зміна характеру даних. Оцінка якості довкілля тепер не може покладатися лише на систематичні річні звіти, які фіксують середньорічні показники. Необхідний перехід до оперативного та кризового моніторингу для фіксації пікових концентрацій, спричинених одиничними подіями (вибухи, розливи, пожежі). Традиційні показники стають менш чутливими до таких гострих, локальних подій.

2. Методологічний виклик: нові типи контамінантів та застарілі нормативи. Оцінювання якості довкілля зіткнулося з необхідністю ідентифікації та оцінки ризику від хімічних речовин, не передбачених стандартними національними нормативами:

а) Військові контамінанти. В оцінці з'явилися нові класи забруднюючих речовин: вибухові речовини та їхні метаболіти: гексоген та продукти розпаду стійко забруднюють ґрунти та фільтруються у воду.

б) Важкі метали військового походження: фрагменти боєприпасів, гільз та іншої військової техніки (свинець, кадмій, мідь), які є джерелом довгострокового ризику.

в) Продукти горіння військової техніки та об'єктів інфраструктури: сажа, токсичні гази, діоксини, які погіршують якість атмосферного повітря та осідають на ґрунт.

г) Невідповідність нормативів: ГДК розроблялися для контролю за промисловими та комунальними побутовими викидами. На сьогодні вони є недостатньо жорсткими та не підходять до специфічних військових токсикантів.

3. Зміна парадигми оцінювання: від контролю до відновлення. Сучасний стан оцінювання якості довкілля вимагає переходу до

комплексної системи орієнтованої на відновлення та відповідальність. Ключові напрямки оцінювання:

а) Оцінка відходів від руйнувань: оцінювання якості довкілля тепер включає картографування та кількісну оцінку обсягів ВВР, які самі по собі є джерелом забруднення ґрунтів і надр та становлять загрозу для здоров'я.

б) Загроза ВНП та мінування: оцінка якості ґрунтів інтегрується з даними про мінну небезпеку, оскільки це є ключовою передумовою для початку будь яких відновлюваних робіт.

в) Екоцид та компенсації: оцінювання якості довкілля нерозривно пов'язане з розробкою методик документування шкоди, які можуть бути використані у міжнародних судах для притягнення агресора до відповідальності та отримання компенсацій.

Таким чином, сучасний стан проблеми для оцінювання якості довкілля в регіонах військової агресії полягає у необхідності кризового управління даними, швидкої адаптації методологій до непередбачуваних хімічних ризиків та інтеграції екологічних даних у стратегії відновлення та безпеки [18–24].

2.2. Способи визначення екологічних ризиків

У даній роботі для базової оцінки якості атмосферного повітря застосовано наступні індекси [25,26]:

1. інтегральний індекс забруднення атмосфери (ф. 2.1, табл. 2.1):

$$\text{Іза} = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Ci}{\text{ГДКі}} \times 100\right)/\, n, \qquad (2.1)$$

де: C*i* – середні концентрація *i*-го забруднювача;

ГДК*i* – гранично допустима концентрація;

n – кількість речовин.

Таблиця 2.1

Оцінювання рівня забруднення атмосфери

№ з/п	Значення Іза	Оцінка якості повітря
1.	< 50	чисте
2.	50–100	помірно забруднене
3.	100–200	забруднене
4.	> 200	дуже забруднене

2. Індекс викидів (ф.2.2):

$$\text{Івик} = \frac{\text{Ерік}}{\text{Рнас}}, \quad (2.2)$$

де: Ерік - сумарні викиди, тис.т,

Рнас – чисельність населення, тис осіб

3. інтегральний екологічний індекс атмосфери (ЕРа) (ф. 2.3):

$$\text{ЕРа} = \text{Іза} \times \text{Ктокс}, \quad (2.3)$$

де: $К_{токс}$ – коефіцієнт токсичності (усереднений для переважаючих забруднювачів: 0,7–1,5)

Для оцінки якості водних ресурсів застосований індекс забруднення води (ф. 2.4, табл. 2.2) [27]:

$$\text{Ізв} = \frac{1}{n}\sum_{s=1}^{n}\frac{Ci}{\text{ГДКі}}, \quad (2.4)$$

де: С*i* – середні концентрація *i*-го забруднювача;

ГДК*i* – гранично допустима концентрація;

n – кількість речовин.

Таблиця 2.2

Оцінювання рівня забруднення води

№ з/п	Значення Ізв	Оцінка якості води
1.	< 1	чиста
2.	1–2	слабо забруднена
3.	2–4	помірно забруднена
4.	4–6	забруднена
5.	> 6	дуже забруднена

Індекс якості води (WQI) обчислимо за ф. 2.5:

$$WQI = 100 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} W_i \times Q_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}\right), \quad (2.5)$$

де: $Q_i = 100 \times \frac{C_i}{\text{ГДК}_i}$;

W_i – ваговий коефіцієнт значущості (0,1–0,3).

Для визначення екологічних ризиків води застосовуємо індекс ERA water (ф. 2.6):

$$ERAi = \frac{\text{Ci}}{\text{C}ref,i}, \quad (2.6)$$

де: Ci – фактична концентрація;

Cref,i – фонове значення.

Для оцінювання якості ґрунтів застосовано індекс екологічного стану (IEC) (ф. 2.7, табл. 2.3) [28–30]:

$$\text{IEC} = \frac{1}{n}\sum_{s=1}^{n}\frac{Ci}{\text{ГДКі}}, \quad (2.7)$$

де: C*i* – середні концентрація *i*-го забруднювача;

ГДК*i* – гранично допустима концентрація.

Для оцінки накопичення важких металів застосований Індекс геоакумуляції (Igeo) (ф. 2.8):

Таблиця 2.3

Оцінювання рівня екологічного стану ґрунтів

№ з/п	Значення IEC	Оцінка якості ґрунтів
1.	< 1	добрий
2.	1–2	задовільний
3.	2–3	напружений
4.	> 3	кризовий

$$Igeo = log_2\left(\frac{Ci}{1.5 \times Bi}\right), \quad (2.8)$$

де: *B*i – геохімічний фон.

Для оцінювання природно-заповідного фонду застосовано індекс природно-заповідного фонду, *Інзф* (ф. 2.9):

$$I_{\text{пзф}} = \frac{S\text{пзф}}{S\text{регіону}} \times 100\%, \quad (2.9)$$

де: $S_{пзф}$ – площа заповідних територій регіону;

$S_{регіону}$ – площа області.

Відповідно до Стратегії збереження біорізноманіття оптимальний рівень заповідності, % ≥ 10 (< 5 – низький, 5–10 – середній, ≥ 10 – високий).

Оцінка екологічного стану ПЗФ за індексом екологічного ризику (ERA_PZF) (табл. 2.4; 2.5; ф. 2.10) [13]:

$$ERA = \sum_{i=1}^{n} \frac{W_i \times R_i}{n}, \quad (2.10)$$

де: W_i – рівень впливу (0–5);

R_i – чутливість екосистеми (0–5);n – кількість чинників.

Визначаємо *ERA* за шкалою: 0–1 – низький ризик; 1–2 – помірний; 2–3 – середній; 3–4 – високий.

Таблиця 2.4

Рівень впливу (*W*i): інтенсивність антропогенних чинників

№ з/п	Бал	Характеристика	Опис
1.	0	Відсутній вплив	Охоронна територія без порушень
2.	1	Мінімальний, локальний	Поодинокі відвідування туристів
3.	2	Помірний	Сезонний рекреаційний тиск
4.	3	Значний	Системне випасання худоби, стихійні сміттєзвалища
5.	4	Високій	Пожежі, забруднення від транспорту чи промисловості
6.	5	Критичний	Воєнні дії, мінування, руйнування екосистем

Таблиця 2.5

Чутливість екосистем *(Ri):* реакція природного комплексу

№ з/п	Бал	Рівень чутливості	Тип екосистем
1.	1	Низький	Вторинні лісосмуги, деградовані степи
2.	2	Помірний	Лісостепові ділянки, узлісся
3.	3	Середній	Лісові біоценози, прибережні зони
4.	4	Високий	Заплави, солонцюваті луки, піщані дюни
5.	5	Дуже високий	Унікальні заповідні степи, лимани, місця червонокнижних видів

РОЗДІЛ 3
ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ

3.1. Атмосферне повітря

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря Миколаївської області за період з 2021 по 2024 рр згідно з розділом «Атмосферне повітря» регіональних доповідей за даний період є:

1. переробна промисловість (харчова, металургія, хімія, цемент) мала найбільший внесок у викиди у 2021 році – 50,9% та істотну долю у 2023–2024 (36,0–51,0%);
2. постачання електроенергії, газу, пари (енергетика і теплоенергетика) – значущий сектор у 2021, 2023, 2024 рр.;
3. транспорт (у т. ч. порти, залізниця автотранспорт) та логістика – важливе джерело із загальною часткою викидів 9,0 – 11,0 %, але фактичний внесок пересувних джерел у регіональних доповідях не зазначений та відповідно недооцінений;
4. сільське, лісове та рибне господарство (аграрний сектор) з внеском 6,0 – 16,0%;
5. великі промислові підприємства з найбільшими валовими викидами >100 т/рік;
6. Порти, морські і річкові термінали, суднoремонтні підприємства – локальні джерела пилу, частинок та випарів від палив, важливі для портових міст (характерні для регіону з портовою інфраструктурою).

Проведемо оцінку якості атмосферного повітря Миколаївської області у довоєнний (2021) та післявоєнний (2022-2024) роки. Для цього скористаємося офіційними регіональними доповідями та залучимо дані: 1. річні обсяги викидів забруднюючих речовин зі стаціонарних джерел, тис. т; 2. щільність викидів на 1 км^2 ; 3. розподіл викидів за видами

економічної діяльності; 4. доступні середньорічні концентрації окремих речовин у м. Миколаїв (табл. 3.1). Розрахунки виконуються у вигляді: а) відносного зменшення обсягів викидів у порівнянні з 2021 р.; б) частки галузей у загальних викидах (%); в) відношення концентрацій забруднювачів до їх ГДК для ідентифікації перевищень. Дані взято з офіційних регіональних доповідей про стан навколишнього середовища Миколаївської області (2021, 2022, 2023, 2024 рр.) (табл. 3.2).

У зведених таблицях області враховуються переважно стаціонарні джерела; дані по пересувних джерелах (автотранспорт) не надаються в доповідях. Воєнний період вніс додаткові чинники (руйнування, пожежі, рух техніки), які можуть давати високі показники забруднення, але ці події не повністю відображені у річній статистиці.

Таблиця 3.1

Вихідні дані

№ з/п	**Рік**	**Обсяг викидів, тис.т/на одну особу, кг**	**Основні забруднювачі**	**Опис**
1.	2021	12,19/11,1	пил, CO_2, NO_2, SO_2	довоєнний рівень активності підприємств
2.	2022	5,25/*[1]	CO_2, NO_2, SO_2	різке скорочення промвиробництва через бойові дії
3.	2023	5,59/*	CO_2, NO_2, SO_2	стабілізація, часткове відновлення економіки
4.	2024	5,455/*	пил, CO_2, NO_2, SO_2	збільшення транспорту, часткове відновлення промисловості

Після 2021 року через воєнні дії зменшились обсяги промислових викидів, якість повітря поліпшилася, але частково через зменшення економічної активності.

*[1] Відповідно до відомостей головного управління статистики у Миколаївській області інформація щодо викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у розрахунку наи одну особу за 2022-2024 роки не надається

Таблиця 3.2

Результати обчислення

№ з\п	Рік	Індекс викидів		$K_i = \frac{C_i}{ГДК_i}$	Індекс забруднення	
		$I_{вик}$	Оцінка		$I_{за}$, %	Рівень забруднення
1.	2021	1,0	базовий	0,80	80,0	помірно забруднене
2.	2022	0,45*[2]	значно покращений	0,40	40,0	чисте
3.	2023	0,48*	стабільно покращений	0,45	45,0	чисте
4.	2024	0,5*	стабільний	0,50	50,0	помірно забруднене

Узагальнюючи обчислення, потрібно зазначити, що у довоєнний період (2021 р.) спостерігається відносно високий рівень промислових викидів – 12,19 тис. т. Повітря характеризується як помірно забруднене. Внаслідок скорочення діяльності підприємств під час активних бойових дій у 2022 році, обсяг викидів скоротився більш ніж у двічі (до 5, 25 тис. т), що знизило індекс забруднення до рівня чистого повітря. Поступове зростання транспортних і побутових викидів, але без перевищення ГДК у 2023–2024 роках, де індекс забруднення залишається у межах чистого – помірно забрудненого повітря. Загальний тренд періоду 2021–2024 років характеризується стабільно покращеним рівнем забруднення атмосферного повітря та свідчить про поступове зростання антропогенного навантаження.

Розрахунок інтегрального екологічного ризику для атмосфери (HQ/HI), де: HQ = C/MPC – індикатор потенційного ризику; HI = сума HQ для вибраних забруднювачів, що перевищують ГДК [28–30]. Це стандартний схематичний ERA- підхід, рекомендований матеріалами Міндовкілля.

*[2] За умови, що кількість населення Миколаївської області 110000 осіб [31]

Підставимо у рівняння ГДК і концентрації речовин за період, що аналізується для м. Миколаїв.

2021 рік (PM, SO_2, HCHO):

HQ PM = 0,08/0,15 =0,533

HQ SO_2 = 0,005 / 0,05 =0,10

HQ HCHO = 0,012/0,003 = 4,00

HI = 0,533 + 0,10 + 4,00 = 4,633

Інтерпретація: HI = 4,633 (>1) – сукупний / інтегральний ризик значущий, основна причина – формальдегід (HQ HCHO = 4,0).

2022 рік для (PM, SO_2, HCHO):

HQ PM = 0,08/0,15 =0,533

HQ SO_2 = 0,007 / 0,05 =0,14

HQ HCHO = 0,014/0,003 = 4,67

HI = 0,533 + 0,14 + 3,00 = 5,343

Інтерпретація: HI = 5,343 (>1) – ще вищий інтегральний ризик порівняно з 2021 роком, через збільшення концентрації формальдегіду (HQ HCHO = 3,0).

2023 рік (PM, SO_2, HCHO):

HQ PM = 0,10/0,15 =0,667

HQ SO_2 = 0,006 / 0,05 =0,12

HQ HCHO = 0,015/0,003 = 5,00

HI = 0,667 + 0,12 + 5,00 = 5,787

Інтерпретація: HI = 5,787 (>1) – дещо збільшився інтегральний ризик порівняно з 2021 та 2022 роками, через підвищення концентрації формальдегіду (HQ HCHO = 5,0).

2024 рік (PM, SO_2, HCHO):

HQ PM = 0,09/0,15 =0,6

HQ SO_2 = 0,005 / 0,05 =0,1

HQ HCHO = 0,009/0,003 = 3,00

HI = 0,667 + 0,12 + 5,00 = 3,7

Інтерпретація: HI = 3,7 (>1) – інтегральний ризик знизився на дві одиниці порівняно з 2021, 2022, 2023 роками, в основному через зменшення концентрації формальдегіду (HQ HCHO = 3,0).

3.2. Водні ресурси

Водні ресурси Миколаївської області представлені басейнами Південного Бугу, Інгулу, Інгульця, Кодими, Березані, а також лиманами та підземними водами. Основними джерелами водопостачання є Поверхневі води Південного Бугу та Інгулу. У 2021 – 2024 рр. на гідролітичний та якісний стан вод впливали: недостатнє водообмінне живлення (через маловодність і кліматичні зміни); скиди недостатньо очищених стічних вод підприємств ЖКГ і с/г сектору; руйнування очисних споруд унаслідок воєнних дій (2022–2023 рр); локальні забруднення нафтовими продуктами, важкими металами та сполуками азоту.

Для оцінювання стану води за даними регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища Миколаївської області (2021 –2024 рр.) використано такі показники: середньорічні концентрації основних забруднювачів ($БСК_5$, ХСК, NH_4^+, NO_3^-, фосфати, залізо, нафтопродукти); гідрохімічні класи чистої води; дані державного моніторингу якості поверхневих вод (пости на р. Інгул, р. Південний Буг, р. Інгулець).

Значний вплив на стан водних ресурсів Миколаївської області мають комунально-побутові та аграрні скиди, які формують євтрофікаційний тип забруднення (підвищення вмісту біогенних елементів). Індустріальні підприємства, порти та транспортний сектор формують локальні осередки техногенного забруднення важкими металами та нафтопродуктами, особливо у прибережних зонах Бузького лиману.

Найбільші забруднювачі водних ресурсів Миколаївської області визначено за даними регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища (2021–2024 рр.) (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Основні забруднювачі водних ресурсів

№ з/п	Джерело/ підприємство	Характеристика діяльності	Основні забруднюючі речовини	Потенційний вплив
1.	МКП «Миколаївводоканал» м. Миколаїв	Скидання недостатньо очищених стічних вод після механічної та біологічної очистки	Азот амонійний, фосфати, $БСК_5$, завислі речовини, хлориди	Євтрофікація, зниження вмісту кисню, погіршення якості питної води
2.	Південноукраїнська АЕС, м. Южноукраїнськ	Технічне водопостачання, скиди підігрітих вод, промислових стоків	Термічне забруднення, солі кальцію, магнію, заліза	Зміна температурного та гідрохімічного режиму р. Південний Буг
3.	Миколаївський морський порт та «Ольвія»	Скиди з суден, забруднення акваторії нафтопродуктами	Нафтопродукти, важкі метали (Pb, Cu, Zn)	Забруднення акваторії Бузького лиману, ризик для іхтіофауни
4.	Агропромисловий сектор області	Стічні води тваринницьких комплексів, добрива, пестициди	Нітрати, фосфати, амоній, залишки агрохімікатів	Забруднення ґрунтових і поверхневих вод, євтрофікація водойм
5.	Підприємства харчової промисловості (маслозаводи, пивзаводи, м’ясокомбінати)	Скидання органічно навантажених стічних вод	$БСК_5$, ХСК, фосфати, жири	Підвищення органічного навантаження, утворення анаеробних зон
6.	Комунальні системи водовідведення малих міст (Вознесенськ, Баштанка, Первомайськ)	Недостатня ефективність очисних споруд, аварійні скиди	Амоній, фосфати, зважені речовини, мікробне забруднення	Локальне погіршення санітарного стану річок (Південний Буг, Інгул)

На основі даних, що містяться у регіональних доповідях про стан навколишнього природного середовища Миколаївської області (2021 по 2024 рр.) виконаємо обчислення показників: індексу забруднення води ($I_{зв}$) (ф. 2.4), індексу якості води (WQI) (ф. 2.5), оцінки екологічного ризику (ERA_water) (ф.2.6) (рис. 3.1; табл. 3.4; 3.5).

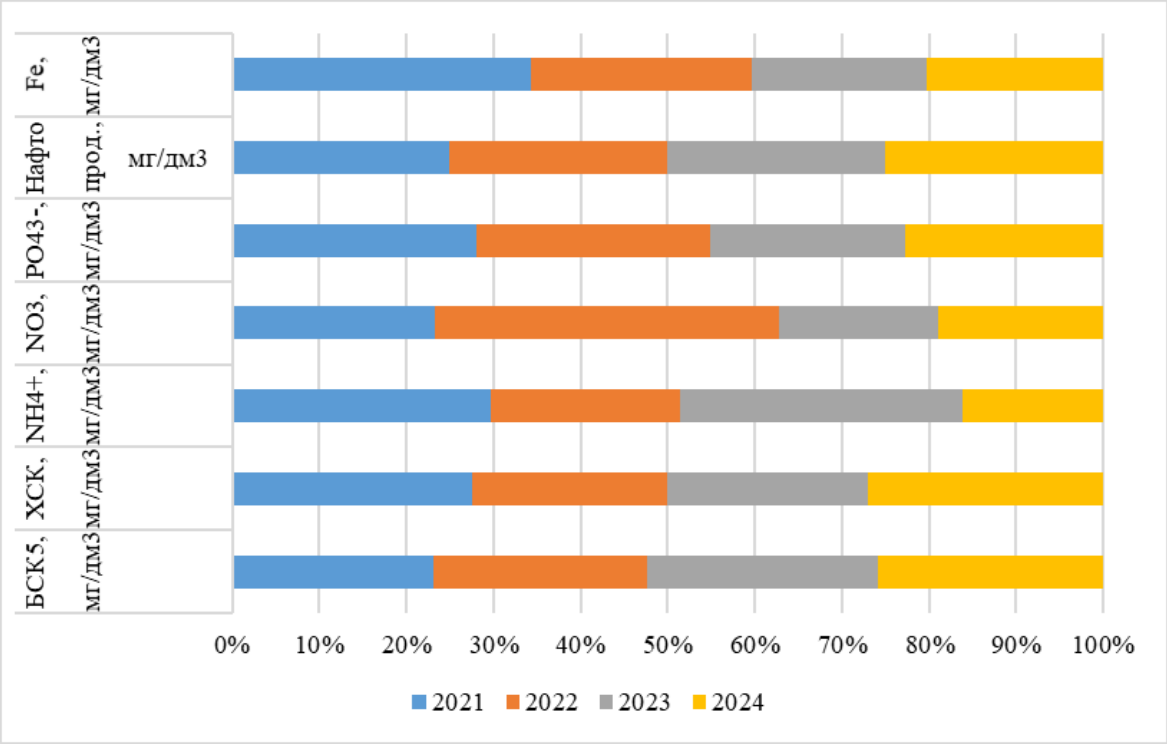


Рис. 3.1. – Відносне співвідношення концентрацій забруднювачів ($C_{середнє}$, мг/дм^3) у водоймах Миколаївської області з 2021 по 2024 рр.

Таблиця 3.4

Результати обчислення (загальні по області)

№з/п	Рік	$I_{зв}$	WQI	ERA_water	Оцінювання якості
1.	2021	1,34	78,0	0,34	Вода помірно забруднена, незначні перевищення нафтопродуктів, $БСК_5$, PO_4^{3-}.
2.	2022	1,52	71,0	0,52	Помірний рівень забруднення; підвищення амонію, фосфатів, нафтопродуктів.
3.	2023	1,73	66,0	0,73	Високий рівень забруднення; максимальні перевищення по фосфатах і $БСК_5$.
4.	2024	1,58	69,0	0,58	Часткове покращення; зниження органічного навантаження, але фосфати залишаються критичними.

ІЗВ (Water Pollution Index) – середнє перевищення концентрацій забруднювачів над ГДК; характеризує рівень забруднення: 1–2 – помірне, > 2 – сильне.

WQI (Water Quality Index) – агрегований індекс, що враховує фізико-хімічні, санітарні та токсикологічні показники; чим вище, тим чистіша вода (91–100 – чиста, 71– 90 – задовільна, 51–70 – забруднена).

ERA_water (Ecological Risk Assessment) – відображає ступінь екологічного ризику за перевищеннями ГДК; 0,3–0,6 – помірний ризик, 0,6 – 1,0 – високий.

З 2021 по 2023 р. спостерігається поступове погіршення гідрохімічного стану, пік – 2023 р. (через фосфати, амоній, $БСК_5$), після чого у 2024 році – часткове покращення, але загальний стан вод залишається помірно забрудненим із підвищеним екологічним ризиком.

Висновок: стан водних ресурсів нестабільний, у 2023–2024 рр. погіршився через зміну гідрологічного режиму.

Таблиця 3.5

Результати обчислення (для р. Південний Буг)

№з/п	Рік	$І_{зв}$	WQI	ERA_water	Пояснення
1.	2021	1,35	78,0	0,34	Вода помірно забруднена, низький ризик
2.	2022	1,50	73,0	0,50	Помірний рівень забруднення; підвищений ризик
3.	2023	1,72	67,0	0,72	Високий рівень забруднення; високий ризик
4.	2024	1,55	70,0	0,58	Помірно забруднена, помірно високий ризик

У середньому індекс забруднення води (ІЗВ = 1,53) свідчить про помірний рівень забруднення, індекс якості води (WQI = 72) підтверджує задовільну якість, а екологічний ризик (ERA_water = 0,54) вказує на помірний ризик для водної екосистеми. Причинами такого стану є комунально-побутові стоки, аграрне навантаження (добрива, пестициди) та скиди промислових підприємств і портових об’єктів. Попри незначне покращення показників у 2024 році, річка залишається вразливою до антропогенного впливу, отже потребує посилення контролю якості стічних вод і модернізації очисних споруд у басейні Південного Бугу.

3.3. Земельні ресурси і ґрунти

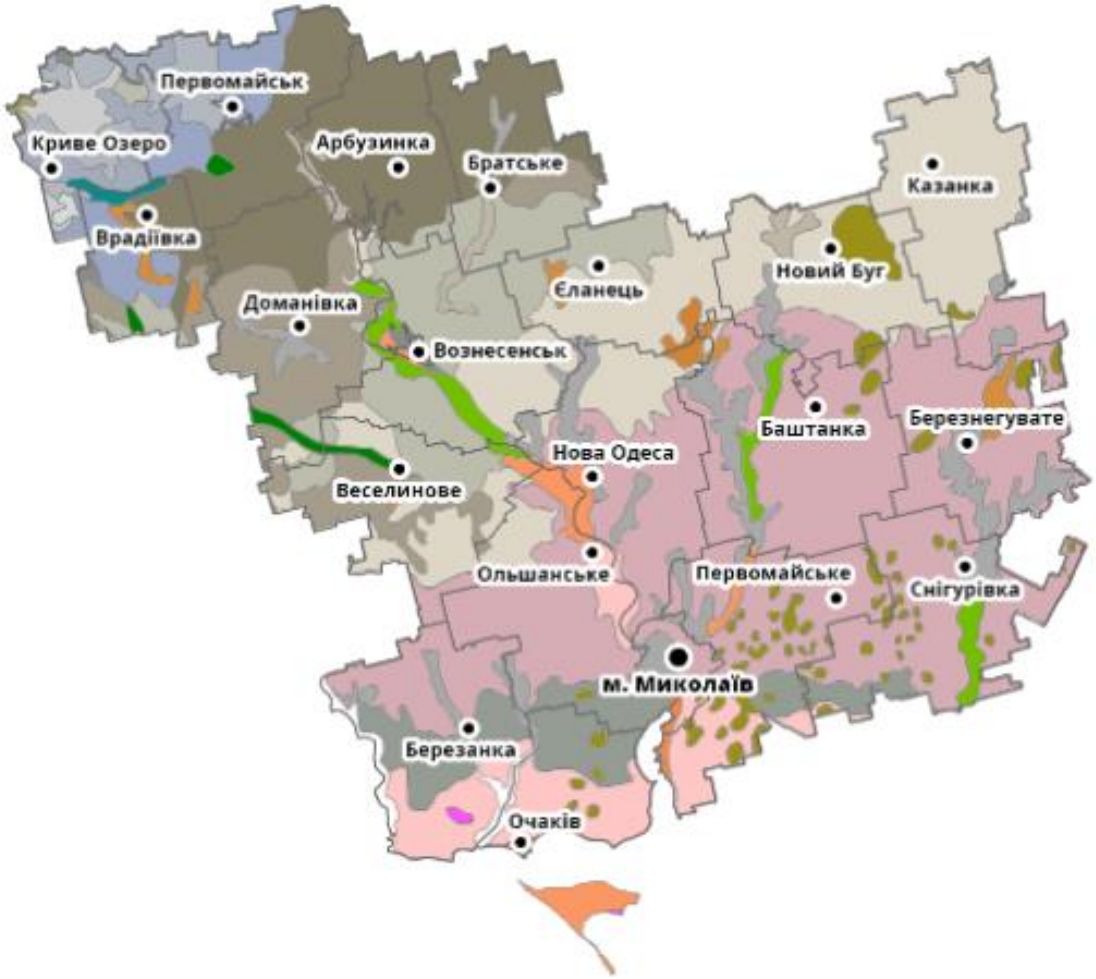
Земельні ресурси Миколаївської області є основою господарського потенціалу регіону. Основну частину с/г угідь займають чорноземи звичайні, південні та слабосолонцюваті, у південних районах – каштанові ґрунти. Вміст гумусу в орному шарі у 2024 році становить 3,4–3,6%, що нижче на 0,3%, ніж у 2021 році (3,6–3,8%) та свідчить про поступове зниження родючості за чотири роки (рис. 3.2; 3.3).



Рис. 3.2 – Відносне співвідношення властивостей ґрунтів Миколаївської області з процесами ерозії та деградації з 2021 по 2024 рр.

Понад 40% орних площ, що потребують ґрунтозахисних заходів. Засолення переважає у південних районах (Баштанський, Миколаївський), зумовлене нераціональним зрошенням. Нейтральна або слабколужна реакція ґрунтів pH 7,1–7,3 характерна для чорноземів південного степу. Змив ґрунту 12 –13 т/га перевищує допустимі норми у 1,5–2 рази, спостерігається наявність сукупності деградаційних чинників: ерозія + зниження гумусу + засолення.

За даними Головного управління Держгеокадастру у Миколаївській області, станом на 1 січня 2025 року загальна площа деградованих і



Умовні позначення:

Опідзолені ґрунти

- Опідзолені ґрунти переважно на лесових породах
- Чорноземи опідзолені

Чорноземи

- Чорноземи неглибокі лісостепові на лесових породах
- Чорноземи неглибокі слабогумусовані та малогумусні
- Чорноземи глибокі на лесових породах
- Чорноземи глибокі малогумусні
- Чорноземи глибокі малогумусні вилуговані
- Чорноземи глибокі малогумусні карбонатні
- Чорноземи глибокі середньогумусні
- Чорноземи звичайні на лесових породах
- Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі
- Чорноземи звичайні середньогумусні
- Чорноземи звичайні малогумусні
- Чорноземи звичайні малогумусні неглибокі
- Чорноземи південні на лесових породах
- Чорноземи південні малогумусні
- Чорноземи на щільних глинах
- Чорноземи на щільних глинах
- Чорноземи переважно щебенюваті на елювії твердих некарбонатних порід
- Чорноземи переважно щебенюваті на елювії твердих некарбонатних порід
- Чорноземи переважно щебенюваті на елювії щільних карбонатних порід
- Чорноземи карбонатні на елювії щільних карбонатних порід
- Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти
- Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти
- Чорноземи солонцюваті на лесових породах
- Чорноземи південні солонцюваті

Каштанові ґрунти

- Темно-каштанові ґрунти переважно на лесових породах
- Темно-каштанові солонцюваті ґрунти

Лучні ґрунти

- Лучні ґрунти
- Лучні та чорноземно-лучні ґрунти
- Лучні та чорноземно-лучні глибоко-солонцюваті ґрунти

Болотні ґрунти, торфовища

- Лучно-болотні ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах
- Лучно-болотні ґрунти

Солонці і солончаки

- Солонці і солончаки
- Солончаки і солончаковий мул

Осолоділі ґрунти подів і западин

- Осолоділі ґрунти подів і западин
- Лучно-чорноземні оглеєні солонцювато-осолоділі ґрунти

Дернові ґрунти

- Дернові ґрунти
- Дернові піщані та глинисто-піщані ґрунти
- Дернові оглеєні ґрунти
- Дернові оглеєні ґрунти
- Дернові карбонатні ґрунти переважно на елювії щільних карбонатних порід

Рис. 3.3 – Ґрунтовий покрив Миколаївської області
https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#win13

малопродуктивних земель, які підлягають консервації, становить 13934,8515 га, з них 6132,1296 га – деградовані, а 7802,7219 га – малопродуктивні. Крім того, станом на 1 січня 2024 року, площа порушених земель сягала 3198,3596 га (13,0%), з яких 13,9607 га було порушено у 2023–2024 рр., а 1257,1697 га – це відпрацьовані землі.

Високий рівень ерозійної небезпеки зумовлений розташуванням значної частини орних земель на схилах, зокрема, 25,4% орних угідь розміщено на схилах крутизною 1–2º, 9,9% – на 2–3º, 5,5% – на 3–5º, 1,3% – на схилах понад 5º.

Отже, 42,1% орних земель області знаходяться у зоні потенційного розвитку ерозійних процесів.

Середньорічний змив ґрунту в регіоні призводить до втрати родючого шару та зниження агропродуктивності. Інтенсивне землеробство спричинює ущільнення ґрунтів, порушення структури орного шару, зменшення водопроникності та погіршення аерації, що разом із ерозійними процесами сприяє зменшенню вмісту гумусу й погіршенню агрофізичних властивостей ґрунтів.

Додатковими чинниками деградації є:

- засолення й осолонцювання у південних районах через нераціональне зрошення;
- забруднення важкими металами та нафтопродуктами у зонах промислових і портових об’єктів;
- дефіцит органічних добрив та монокультура зернових, що знижують біологічну активність ґрунтів.

Спроби збільшити виробництво продукції рослинництва шляхом екстенсивного використання земель призвели до залучення в обробіток схилових і піщаних ділянок, що негативно позначається на екологічному й агровиробничому стані території.

В умовах воєнного стану у 2022–2023 рр. моніторинг і рекультиваційні роботи були обмежені, особливо в районах з мінуванням

або руйнуванням інфраструктури. Проте у 2024 році спостерігається часткова стабілізація ситуації, розпочато інвентаризацію порушених земель і локальні заходи рекультивації.

Отже, упродовж 2021–2024 рр. ґрунтовий покрив Миколаївської області характеризується поступовим погіршенням фізико-хімічних і агрохімічних властивостей.

Зниження вмісту гумусу, поширення ерозійних процесів і засолення свідчать про накопичення ознак деградації, особливо в районах інтенсивного землеробства. Найскладнішим роком став 2023 рік через військові дії, мінування та обмежений моніторинг.

У 2024 році відзначено певну стабілізацію завдяки початку рекультиваційних заходів і відновленню агровиробництва, однак стан ґрунтів загалом оцінюється як помірно деградований, із помірним екологічним ризиком для сталого використання земель. За умови збереження нинішніх тенденцій без активного відновлення органічної речовини та протиерозійних заходів, показники якості ґрунтів можуть знизитися ще на 3–5 % до 2030 року.

Розглянемо основних забруднювачів ґрунтового покриву Миколаївської області (табл. 3.6). Найбільшу частку забруднення (до 40%) формує аграрний сектор через надмірне використання агрохімікатів і недостатнє внесення органічних добрив.

Техногенні джерела (промисловість, порти, енергетика) забезпечують до 30 % внеску в загальне забруднення, важкими металами. У 2022–2024 рр. з’явився новий тип антропогенного навантаження – воєнне, що спричинило локальне забруднення металами та вибуховими сполуками на територіях бойових дій. Додатковим чинником деградації виступає комунальне навантаження, зокрема полігони ТПВ, які залишаються потенційними джерелами фільтратів та мікропластику.

Таблиця 3.6

Основні забруднювачі ґрунтового покриву Миколаївської області

№ з/п	Джерело забруднення	Характер забруднювачів	Основні речовини	Територіальне поширення	Екологічні наслідки	Частка впливу, %
1.	Промислові підприємства (машинобудування, хімія, енергетика)	Техногенне забруднення важкими металами, викиди і скиди відходів	Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr	м. Миколаїв, Вознесенськ, Южноукраїнськ	Акумуляція токсичних елементів. Погіршення родючості, ризик для харчового ланцюга	25–30
2.	Портові комплекси та нафтобази (Миколаївський, Ольвія, порт «Ніка-Тера»)	Забруднення нафтопродуктами, мастилами	Бенз(а)пірен, нафтопродукти, феноли	Прибережні зони Бузького лиману, с. Балабанівка, м. Миколаїв	Зменшення біологічної активності ґрунтів, локальна токсичність	10–12
3.	Агропромисловий комплекс (інтенсивне землеробство, тваринництво)	Надлишок мінеральних добрив, пестицидів, продуктів розкладу	NO_3^-, NH_4^+, фосфати, пестициди	Баштанській, Вознесенський райони	Зростання нітратного забруднення, зниження гумусу, мікробіологічний дисбаланс	35–40
4.	Комунальні полігони ТПВ, несанкціоновані сміттєзвалища	Витік фільтратів, накопичення важких металів, органічних токсикантів	Pb, Hg, Zn, органічні сполуки, мікропластик	Миколаївський, Вітовський райони	Вторинне забруднення підґрунтових вод, зростання токсичного навантаження	8–10
5.	Військові дії (2022 –2024 рр.)	Руйнування інфраструктури, детонація боєприпасів, залишки палива	Pb, Cu, Zn, нафтопродукти, вибухові речовини (TNT, RDX)	Південні та східні райони області	Локальне забруднення, порушення структури ґрунту, ризик для здоров’я населення	10–15
6.	Автотранспорт і дорожня інфраструктура	Атмосферне випадіння ВМ і п/ц/ароматичних вуглеводнів	Pb, Zn, Cu, бенз(а)пірен	Уздовж трас М-14, Н-11, навколо Миколаєва	Локальне техногенне забруднення придорожніх ґрунтів	5–7

Для оцінювання якості ґрунтів обчислений індекс екологічного стану (*IEC*) (ф. 2.7). Для оцінки накопичення важких металів розрахований індекс геоакумуляції (*I*geo) (ф. 2.8) (табл. 2.3; 3.7; 3.8).

Таблиця 3.7

Класифікація стану ґрунту за *I*geo

№ з/п	**Igeo**	**Ступінь забруднення**	**Екологічна характеристика**
1.	< 0	Незабруднений	Природний фоновий рівень
2.	0–1	Слабо забруднений	Початкове техногенне накопичення
3.	1–2	Помірно забруднений	Помітне антропогенне навантаження
4.	2–3	Середньо забруднений	Стійке техногенне накопичення
5.	> 3	Сильно забруднений	Високий ризик токсичного впливу

Таблиця 3.7

Результати обчислення екологічних ризиків для ґрунту

№ з/п	**Рік**	**Igeo**						**Середній Igeo**	**IEC**	**Оцінка стану ґрунтів**
		Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr			
1.	2021	0,02	0,34	0,30	0,31	0,12	0,18	0,21	0,63	Добрий, слабо забруднений, початкове техногенне накопичення
2.	2022	0,13	0,55	0,41	0,37	0,20	0,23	0,31	0,72	
3.	2023	0,24	0,85	0,50	0,44	0,26	0,30	0,43	0,88	
4.	2024	0,18	0,75	0,47	0,42	0,24	0,28	0,49	0,80	

Ґрунти області, в цілому, екологічно стабільні, частково втратили екологічну стійкість, але рівень забруднення не перевищує критичний. У південних районах (Миколаївський, Баштанський) фіксуються локальні прояви техногенного забруднення. Основні чинники – транспорт, сільське господарство, військові події. Середні значення *I*geo коливається від 0,21 до 0,49 – це слабо забруднений стан, який відповідає «низькому екологічному ризику».

3.4. Надра

У 2021 році основні екологічні ризики для надр регіону носили переважно природно-антропогенний характер:

- водна ерозія ґрунтів один з провідних деградаційних чинників для земельних ресурсів області, особливо в умовах маловоддя та нераціонального землекористування. Ерозія призводить до втрати родючого шару та зміни гідрологічного режиму;
- відсутність належного моніторингу підземних вод. У 2021 році фіксувалася недостатність фінансування та нерегулярність або відсутність державного моніторингу підземних вод (геологічного середовища). Це створювало фундаментальну інформаційну прогалину для оцінки якості питної води та динаміки її забруднення;
- накопичення побутових та промислових відходів у поверхневих шарах, робота більшості полігонів у режимі перевантаження створило довгостроковий ризик забруднення ґрунтів та підземних вод інфільтратами. Ситуація у 2022 році була значною мірою затьмарена початком повномасштабної агресії. Системні проблеми посилилися в умовах воєнного стану.
- критична зупинка моніторингу: у 2022 році, як і пізніше у 2023 році, офіційно підтверджено не проведення державного моніторингу підземних вод через відсутність фінансування та неможливість доступу до багатьох територій. Це стало стратегічною екологічною загрозою, оскільки саме у 2022 році Миколаївщина зазнала інтенсивних обстрілів та руйнувань, які призвели до забруднення водоносних горизонтів. Неможливість оцінювання різко підвищила екологічний ризик для здоров’я населення;
- початок воєнної деградації: зафіксовано первинні збитки, пов’язані з засміченням та забрудненням земельних ресурсів внаслідок бойових дій.

Критичним зростанням техногенно-військового навантаження на надра та землю, яке вивело екологічні проблеми регіону на якісно новий

рівень характеризуються 2023 та 2024 роки**.** На стан геологічного середовища вплинуло утворення колосальної кількості відходів від руйнувань (ВВР):

- унаслідок обстрілів у 2024 році утворилося понад 82 тисячі тони ВВР. Це не лише будівельні матеріали, але й суміші токсичних речовин (паливно-мастильні матеріали, хімічні сполуки, азбест), які, потрапляючи в ґрунт, стають джерелом інфільтраційного забруднення підземних вод;
- військове засмічення та забруднення земельних ресурсів унаслідок вибухів, розливу хімічних речовин та утворення снарядних воронок призвело до руйнування структури ґрунтового покриву та його контамінації, що є формою деградації надр [14–17];
- проблеми зі сміттєзвалищами: проблема перевантаження існуючих полігонів ТПВ та відсутність технологій їх переробки створює додатковий ризик, оскільки неконтрольоване зберігання ВВР та старих відходів збільшує площу впливу на надра.

Критичне зростання забруднення поверхневих вод нафтопродуктами, при відсутньому моніторингу, свідчить про інтенсивне військове забруднення території. Це призводить до інфільтрації токсичних речовин (нафтопродукти, важкі метали) вглиб геологічного середовища, створюючи відкладений ризик для водоносних горизонтів.

Ключовими довгостроковими загрозами у період 2023–2024 рр., є:

- мінування та забруднення вибухонебезпечними предметами (ВНП). Значні території, особливо об’єкти природно-заповідного фонду (РЛП «Кінбурнська коса», РЛП «Висунсько-Інгулецький») потребують розмінування. Міни та ВНП, які залишаються в ґрунті, становлять фізичну та хімічну загрозу для надр, оскільки з часом вони розкладаються, вивільняючи токсичні сполуки ВМ та вибухівки;
- деградація ґрунтів: водна ерозія, ущільнення ґрунтів військовою технікою та їх засмічення металобрухтом і хімікатами стали критичними, що вимагає негайної рекультивації.

Таким чином, екологічні проблеми надр Миколаївської області еволюціонували від системних (2021 р.) до кризових та критичних військово-екологічних (2023–2024 рр.). Основними загрозами є накопичення ВВР, гостре хімічне забруднення ґрунтів і небезпека, спричинена відсутністю моніторингу підземних вод в умовах підвищеного ризику контамінації.

3.5. Природно-заповідний фонд

Станом на початок 2024 року ПЗФ Миколаївської області налічував 161 територій та об’єкт загальною площею 78,39 тис. га, що становить 3,73% від площі області. Основні категорії: національні природні парки: «Бузький Гард», «Білобережжя Святослава»; регіональні ландшафтні парки: «Кінбурнська коса», «Тилігульський»; природні заповідники: «Єланецький степ», частина Чорноморського біосферного заповідника; пам’ятки природи, заказники, заповідні урочища.

Обчислимо індекс природно-заповідного фонду (ф. 2.9) .

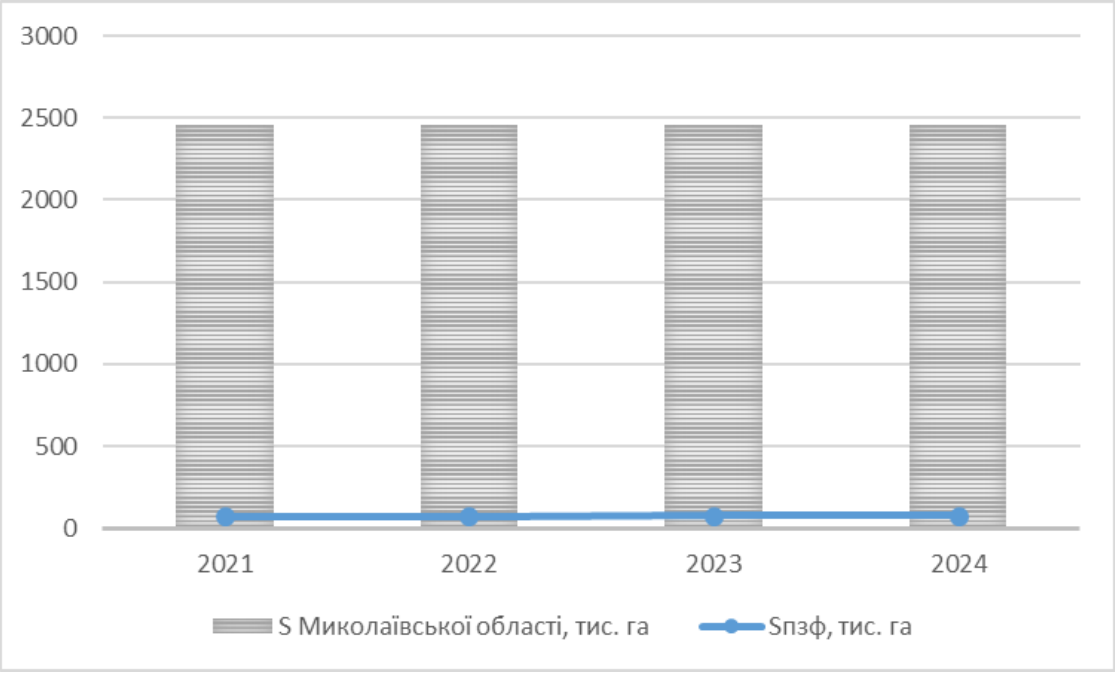


Рис. 3.4. – Індекс природно-заповідного фонду

Частка земель природно-заповідного фонду Миколаївської області є однією з найнижчих в України, але має достатньо розвинену мережу (*Інзф* = 3,2 %), проте нижче за рекомендований рівень ЄС (10%) та потребує розширення особливо в басейнах Південного Бугу та Інгулу. Попри стабільність площ, ПЗФ області зазнає зростаючого антропогенного, кліматичного і воєнного тиску (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Джерела забруднення об’єктів ПЗФ

Рік	**Основні проблеми**	**Джерела забруднення /загрози**	**Екологічні наслідки**
2021	Надмірна рекреаційна діяльність у прибережних зонах («Кінбурнська коса», «Тилігульський лиман»); випас худоби, стихійні сміттєзвалища	Туризм без контролю, господарська діяльність, комунальні відходи	Порушення ландшафтної структури, деградація піщаних екосистем, локальне забруднення ґрунтів і вод
2022	Руйнування інфраструктури ПЗФ, пожежі в степових ділянках; мінування територій	Воєнні дії, вибухонебезпечні предмети, пожежі від обстрілів	Втрата частини флори та фауни, забруднення ґрунтів металами, фрагментація біотопів
2023	Обмежений доступ до об’єктів ПЗФ, припинення моніторингу; несанкціонований проїзд техніки	Військові пересування, нелегальні вирубки, знищення охоронних знаків	Деградація ґрунтово-рослинного покриву, скорочення чисельності червонокнижних видів
2024	Часткове відновлення природоохоронних заходів, але триває деградація прибережних ландшафтів та заплав Південного Бугу	Туристичне навантаження, пожежі, залишки боєприпасів, незаконне рибальство	Зниження екосистемної стійкості, ризики вторинного забруднення водно-болотних угідь

Виконаємо оцінювання екологічного стану ПЗФ за індексом екологічного ризику (ERA_PZF) (ф. 2.10, рис. 4.5, табл. 2.4; 2.5).

Для кожного року враховувалися 5 основних чинників впливу: рекреаційне навантаження (W_1); пожежі (W_2); забруднення (W_3); господарське/воєнне втручання (W_4); відсутність моніторингу, деградація біоти (W_5).

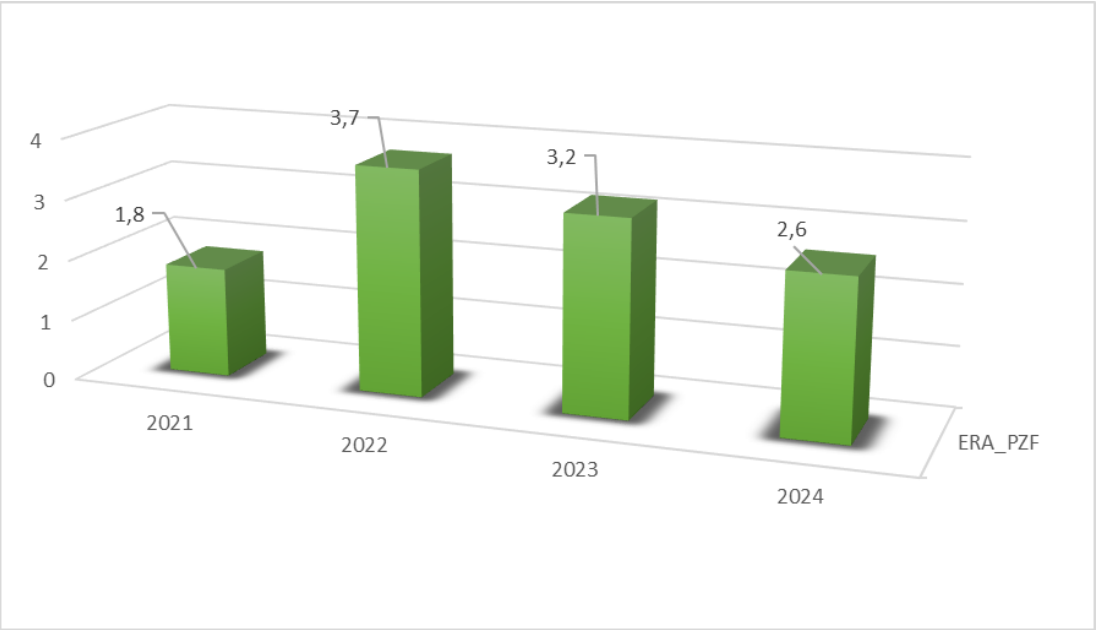


Рис. 3.5. – Індекс екологічного ризику природно-заповідного фонду

Через руйнування ПЗФ, мінування та пожежі у 2022–2023 рр показники W_i високі (4–5). Миколаївщина має високочутливі степові та прибережні екосистеми , тому R_i стабільно високий (3,5–4,5). Зменшення ERA_PZF у 2024 році пояснюється зниженням воєнного тиску та початком відновних заходів.

Отже, цифри чутливості (*Ri*) та рівня впливу (W_i) базуються на екологічній експертній шкалі оцінювання, прийнятій Міндовкіллям та адаптованій до типів екосистем і загроз ПЗФ Миколаївської області.

Період 2021–2024 рр. характеризується поступовим ускладненням екологічної ситуації в ПЗФ, що досягла піку у 2022 – 2023 роках через воєнні дії. Індекс екологічного ризику (ERA_PZF) зріс з 1,8 у 2021 р. до 3,7 у 2022 р., що свідчить про високий рівень небезпеки для природних екосистем. Найуразливішими територіями є Кінбурнська коса, Єланецький степ, Бузький Гард, Тилігульський лиман, де поєднуються антропогенне кліматичне та воєнне навантаження. У 2024 році спостерігалася часткова стабілізація завдяки відновленню природоохоронних робіт, проте рівень ризику залишився середнім (ERA_PZF = 2,6).

РОЗДІЛ 4
МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД У ВИЗНАЧЕННІ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ

Визначення екологічних ризиків (Ecological Risk Assessment) є ключовим інструментом міжнародної політики у сфері охорони довкілля. В умовах військової агресії класичні методології ERA вимагають суттєвої адаптації, оскільки традиційні інструменти (орієнтовані на промислове забруднення) не враховують чинники військової контамінації та безпеки.

На міжнародному рівні методологія оцінки екологічних ризиків ґрунтується на триступеневому підході (табл. 4.1), який використовується, зокрема, Агентством з охорони навколишнього середовища США (US EPA) та Європейською агенцією з хімічних речовин (ECHA) [9].

Таблиця 4.1

Матриця визначення екологічних ризиків

№ з/п	Етап	Мета і суть	Адаптація в умовах війни
1.	Характеристика небезпеки (Hazard Assessment)	Визначення джерела забруднення (токсиканту) та його токсичності (PNEC – передбачувана безпечна концентрація.	Додавання військових токсикантів: вибухові речовини (TNT, RDX), боєприпаси (важкі метали, наприклад уранові снаряди), продукти горіння (діоксини).
2.	Характеристика (Exposure Assessment)	Оцінка фактичної концентрації токсиканту в середовищі(PEC) та шляхів його міграції (вода, ґрунт, повітря).	Використання дистанційного зондування (супутникові дані), дрон-моніторингу та моделювання неконтрольованих розливів.
3.	Характеристика ризику (Risk Characterization)	Розрахунок коефіцієнта ризику(RQ) як відношення PEC/PNEC. Якщо RQ≥1,0, ризик вважається високим.	Застосування комплексного ERA, що поєднує хімічний ризик з фізичними (мінування) та інфраструктурними (руйнування очисних споруд).

Коефіцієнт ризику RQ – це універсальний міжнародний індикатор для визначення пріоритетних загроз.

Авторство матриці визначення екологічних ризиків у контексті військової агресії є адаптованою та синтезованою моделлю, базується на поєднанні міжнародно визнаних принципів оцінки екологічних ризиків (ERA), встановлених такими інституціями, як US ERA та ECHA, із новими критеріями, розробленими для зон конфліктів міжнародними екологічними організаціями, а також українськими державними органами та органами та науковцями [9, 34–36].

Застосування методологій оцінки екологічних ризиків ERA в умовах збройних конфліктів є складним і відносно новим напрямком, оскільки до 2000-х років екологічний чинник рідко був пріоритетом у військових чи гуманітарних операціях. Проте, міжнародний досвід, особливо після конфліктів на Близькому Сході, Балканах та Південному Кавказі, дозволив сформувати ключові принципи адаптації класичної матриці ризиків [32,33].

Після воєн на Балканах (1990-ті) та військових кампаній в Іраку (2003р.) міжнародні організації, зокрема Програма ООН з навколишнього середовища (UNEP) почали використовувати модифіковані ERA моделі, де акцент зміщувався з постійного моніторингу на оцінку гострих ризиків:

1. Ризик від вибухонебезпечних предметів (ВНП) та забруднення ґрунтів. У Сербії, Боснії та Іраку UNEP використовувала просторовий аналіз (на основі інтенсивності бомбардувань) для визначення пріоритетних зон, де найбільш ймовірне забруднення ґрунтів і підземних вод важкими металами та вибуховими речовинами. У матриці ризиків ймовірність корелювалася з близькістю до місць боїв/бомбардувань, а тяжкість – із чутливістю до водоносних горизонтів.

2. Інфраструктурний ризик. У Косово та Іраку оцінювалися ризики, пов’язані з руйнуванням промислових об’єктів (нафтопереробних

заводів, хімічних підприємств). Тяжкість наслідків у таких випадках завжди оцінювалася як критична, незалежно від ймовірності, через потенціал широкомасштабної хімічної катастрофи [41–43].

Конфлікти у Сирії та Ємені показали, що екологічні ризики тісно переплітаються з гуманітарними:

1. Ризик відходів від руйнувань (ВВР) та епідеміологія. У Сирії критичним став ризик, пов'язаних із засміченням території та порушенням роботи системи водопостачання/водовідведення. У матрицях ризиків ймовірність утворення несанкціонованих звалищ ВВР була визначена як дуже висока, а тяжкість як критична, оскільки такі звалища є джерелом хвороб (через гризунів) та забруднення ґрунтових вод.

2. Використання дистанційного зондування. Через неможливість наземного доступу, міжнародні організації, такі як CEOBS (Conflict and Environment Observatory) покладаються на супутникові дані для оцінки ймовірності екологічної шкоди (наприклад, оцінка воронкоутворення, лісових пожеж, розливу нафтопродуктів) та їхнього включення в оцінку ризику.

Складемо матрицю екологічних ризиків для Миколаївської області (табл. 4.2) із застосуванням міжнародного досвіду [44, 45] з включенням двох ключових класів загроз:

1. Класичні військові хімічні загрози. Високий RQ від нафтопродуктів (як прямий наслідок військових дій) та Fe (залізо, що може бути пов'язане з іржавінням військового сміття) оцінюється як екстремальний ризик.

2. Інфраструктурні та гуманітарні загрози. Проблеми перевантаження полігонів та засмічення ВВР оцінюється як високий ризик, що повністю відповідає UNEP до оцінки ризиків у пост конфліктних регіонах.

Таблиця 4.2

Оцінка екологічних ризиків (Risk Scorecard)

№ з/п	Ризик	Ймовірність (L)	Тяжкість (S)	Рівень ризику (L*S)	Обґрунтування	Пріоритет реагування
1.	Забруднення підземних вод (фільтрат з ВВР та полігонів)	Висока (4)	Критична (5)	Екстремальний (20)	Підтверджена відсутність моніторингу підземних вод на тлі зростання RQ у поверхневих водах. Пряма загроза питній воді	Негайний (A)
2.	Хімічна контамінація вод (нафтопродукти)	Висока (4)	Критична (5)	Екстремальний (20)	Фактичний показник RQmax від нафтопродуктів до 3,60 (2023). Свідчить про масштабні розливи військового походження	Негайний (A)
3.	Мінування та ВНП (землі ПЗФ)	Середня (3)	Критична (5)	Високий (15)	Прямо згадана проблема у доповідях (РЛП «Кінбурнська коса», РЛП «Висунсько-Інгулецький»). Фізично блокує оцінку та відновлення.	Високий (B)
4.	Перевантаження полігонів ТПВ (Міські полігони)	Висока (4)	Висока (4)	Високий (16)	Понад 85% наповненості. Ризик колапсу системи поводження з відходами та епідеміологічна загроза	Високий (B)
5.	Засмічення ВВР (будівельні відходи)	Дуже висока (5)	Середня (3)	Високий (15)	Величезні обсяги, але більша частина матеріалу не є високотоксичною. Проте, потребує негайної ліквідації.	Високий (B)
6.	Водна ерозія ґрунтів	Висока (4)	Середня (3)	Середній (12)	Постійний деградаційний процес для аграрної області. Менш критичний, ніж військове забруднення.	Помірний (C)

Матриця є ефективною адаптацією міжнародного досвіду ERA до реалій військового часу, де найвищий ризик несе порушення логістичних систем, фізична небезпека та критичне хімічне забруднення; відображає оцінку ймовірності (Likelihood) виникнення загрози та тяжкості (Severity) її наслідків, адаптовану до умов військової агресії. Оцінка ґрунтується на фактичних даних про стан води (RQ) та проблемах, виявлених у регіональних доповідях (мінування, ВВР, відсутність моніторингу).

Матриця рівнів та стратегії реагування демонструє, що екологічна ситуація в Миколаївській області несе екстремальний ризик (20 балів) за ключовими показниками: забруднення води та відсутність моніторингу (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Матриця рівнів та стратегії реагування

№ з/п	Рівень ризику	Бали	Характеристика	Стратегія реагування
1.	Екстремальний	16–25	Неприйнятний. Вимагає негайного припинення загрози.	Негайне реагування (A): залучення міжнародної допомоги для відновлення моніторингу підземних вод, локалізація джерел нафтового забруднення.
2.	Високий	8–15	Припустиме лише короткочасно. Вимагає термінового планування заходів	Високий пріоритет (B): розмінування ПЗФ, фінансування будівництва нових потужностей для сміття та переробки ВВР
3.	Середній	4–7	Припустимий лише короткочасно. Вимагає негайного припинення загрози.	Помірний пріоритет (C): Розробка нових схем землекористування для боротьби з ерозією.

Пріоритетним завданням для зниження екологічного ризику в Миколаївській області є відновлення системи моніторингу підземних вод та ліквідація джерел токсичного військового забруднення (нафтопродуктів та ВВР), що несуть екстремальний ризик для довкілля та здоров’я населення.

ВИСНОВКИ

1. Природно-географічне положення Миколаївщини формує як ресурсні переваги (родючі чорноземи, вихід до моря), так і екологічні ризики (посушливість, ерозія, водний дефіцит). Кліматичний тренд останнього десятиліття – підвищення середньої температури на 0,6–0,7ºС і зменшення опадів підтверджує підвищену вразливість агроландшафтів.

2. Розрахований індекс забруднення атмосфери ($I_{за}$ = 0,40–0,80) свідчить про поступове покращення якості повітря у 2021–2024 рр. внаслідок зниження промислової активності під час війни. Однак інтегральний ризик *HQ/HI* = 3,7–5,8 > 1 вказує на токсикологічну небезпеку через формальдегід та пил.

3. Водні ресурси області зазнають помірного антропогенного навантаження з частковою стабілізацією у 2024 р. Основні індикатори: $I_{зв}$ = 1,34–1,73 → помірне забруднення; *WQI* = 66–78 → задовільна якість; *ERA_water* = 0,34–0,73 → помірний рівень ризику. Погіршення у 2023 р. пов’язане із зростанням фосфатів, $БСК_5$, амонію через воєнні пошкодження очисних споруд, часткове покращення у 2024 році – із зменшенням промислового навантаження.

4. Ґрунти області слабо забруднені, однак спостерігається зростання деградаційних процесів. Площа деградованих земель становить 13,9 тис. га, порушених – 3,2 тис. га. Основні ризики: ерозія, зменшення гумусу на 0,3 % засолення та агрохімічне навантаження. Індекс екологічного стану (*IEC* = 0,8) вказує на задовільний стан, але з негативною тенденцію, що потребує запровадження протиерозійних і агроекологічних заходів.

5. Найбільші ризики зафіксовані у сфері надрокористування. Основна загроза – воєнно-техногенне забруднення, спричинене використанням боєприпасів (ВВР близько 82 тис. т у 2024 р.),

засміченням вибуховими речовинами та інфільтрацією токсикантів у водоносні горизонти, високий рівень екологічного ризику.

6. Станом на початок 2024 р. природно-заповідний фонд Миколаївської області налічує 161 об’єктів загальною площею близько 78,39 тис. га, що становить 3,73 % від площі області. Найбільше навантаження відчувають прибережні території, регіональні ландшафтні парки та заказники, де відзначено пожежонебезпеку, фрагментацію природних екосистем, забруднення через агровиробництво та військові дії.

7. Порівняння результатів аналізу стану довкілля за українськими індексами ($I_{зв}$, *WQI, IEC, Igeo, ERA*) та міжнародною матрицею екологічних ризиків (*UNEP/OECD*) показало узгодженість результатів, але з різницею у рівні інтеграції ризиків. Матричний підхід дозволив ширше врахувати ймовірність загострення впливів унаслідок воєнних дій. Найвищі ризики припадають на водні ресурси та надра (рівень ризику – екстремальний), що узгоджується з національними індексами. Поєднання двох методик забезпечує комплексну, достовірну і прогнозну оцінку стану довкілля. Застосування національних індексів є доцільним для державного моніторингу, а матриці ризиків – для стратегічного планування та інтеграції в екологічну політику ЄС.

Отже, екологічний стан Миколаївської області у 2021–2024 рр. оцінюється як помірно стабільний, із середнім рівнем екологічного ризику. Найуразливішими залишаються водні ресурси та надра та ерозійно небезпечні землі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Миколаївська обласна доповідь про стан навколишнього природного середовища. 2016–2024 рр. URL: https://ecolog.mk.gov.ua/ua/ecoreports/regonalreport/ (дата звернення 20.10.2025 р.).

2. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища Миколаївської області за 2021 р. URL: https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/2021.pdf (дата звернення 20.10.2025 р.).

3. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища Миколаївської області за 2022 р. URL: https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/1697106633.pdf (дата звернення 20.10.2025 р.).

4. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища Миколаївської області за 2023 р. URL: https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/1726829952.pdf (дата звернення 20.10.2025 р.).

5. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища Миколаївської області за 2024 р. URL: https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/1758180655.pdf (дата звернення 20.10.2025 р.).

6. Мапа Миколаївської області. Infoportal.ua. URL: https://infoportal.ua/karta-mikolayivskoyi-oblasti/ (дата звернення: 25.10.2025 р.).

7. Snizko S., Didovets I., Yatsiuk M., Hattermann F.F., Bronstert A. *Southern Bug River: water security and climate changes – perspectives for post-war city of Mykolaiv, Ukraine. Frontiers in Water*, 2024. URL: https://www.frontiersin.org/journals/water (дата звернення: 25.10.2025 р.)

8. Shumilova O. et al. *Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction. Science*, 2025. URL: https://www.science.org (дата звернення: 25.09.2025 р.).

9. Бредун В.І. Екологічна бе15зпека та управління ризиками. Навчальний посібник. Полтава: Видання Національного університету імені Юрія Кондратюка, 2021. 189 с. URL: https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/18218/1/%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf (дата звернення: 10.09.2025 р.).

10. Миколаївська обласна військова адміністрація. *Огляд впливу воєнних дій на екологічний стан регіону.* Миколаїв, 2024. URL: https://mykolaiv.gov.ua (дата звернення: 10.09.2025 р.).

11. Миколаївська обласна рада. *Програма охорони навколишнього природного середовища на 2023–2027 рр.* Миколаїв, 2023. URL: https://mk-oblrada.gov.ua (дата звернення: 10.09.2025 р.).

12. Корольов В.В., Даниль А.І. Вплив військової агресії на екологічну ситуацію в Україні. Legal Bulletin № 14. 2024. URL: https://doi.org/10.31732/2708-339X-2024-14-A7 (дата звернення: 10.09.2025 р.).

13. Міністерство енергетики та захисту довкілля України. *Методика визначення екологічного ризику та пріоритетності природоохоронних заходів.* Київ, 2019. URL: https://mepr.gov.ua (дата звернення: 10.09.2025 р.).

14. ДСТУ 7832:2015. *Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в однонормальній солянокислій витяжці методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.* Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62714 (дата звернення: 10.09.2025 р.).

15. Briffa J., Sinagra E., Blundell R. (2020). *Heavy metal pollution in the environment and its toxicological impact on human helth.* Hrliyon, 6(69):

e04691. URL: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691 (дата звернення: 10.09.2025 р.).

16. Havryliuk R., Tymchenko L., Karamushka V., Krysinska D. and Simkova O. *Assesment of Soil and Geological Enironment Contamination Caused by Hostilities in Mykolaiv Region as a Result of Russian Millitary Aggression against Ukraine.* XVIII International Scientific Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment 14 –17 April, 2025. Kyiv, Ukraine. URL: https://surl.li/tissie (дата звернення: 10.09.2025 р.).

17. *Global Chemicals Outlook II: From Legacies to Innovative Solutions – Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development.* Nairobi: United Nations Environment Programme, 2019. URL: https://www.unep.org/resources/report/global-chemicals-outlook-ii-legacies-innovative-solutions (дата звернення: 10.09.2025 р.).

18. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. *Звіт про стан навколишнього природного середовища України* – 2022. Київ, 2023. URL:https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-seredovyshha-v-ukrayini/ (дата звернення: 10.09.2025 р.).

19. Державний стандарт України ДСТУ ISO 14004:2016 Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо запроваджування (ISO 14004:2016, IDT). К. : Держстандарт України, 2016.

20. Державний стандарт України ДСТУ ISO 19011:2019 Настанови щодо проведення аудитів систем управління (ISO 19011:2018, IDT). К. : Держстандарт України, 2019.

21. Закон України «Про екологічний аудит». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1862-15#Text (дата звернення: 20.08.2025).

22. Мельник, Л. Г. Методи оцінки екологічних втрат. /Л. Г. Мельник, О. І. Карінцева. Суми : ВТД «Університетська книга», 2004. 288 с.

23. Методичні рекомендації щодо підготовки, здійснення та оформлення звіту про екологічний аудит. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: https://mepr.gov.ua/biznesu/pryrodoohoronnyj-naglyad/metodychnirekomendatsiyi-shhodo-pidgotovky-zdijsnennya-ta-oformlennya-zvitu-pro-ekologichnyj-audyt/ (дата звернення: 20.08.2025).

24. Державна служба статистики України. *Статистичний збірник «Екологія – 2023»*. Київ, 2023. URL: https://ukrstat.gov.ua (дата звернення: 05.09.2025 р.).

25. Методика визначення індексу забруднення атмосферного повітря (ІЗА), Київ, 2020. URL: https://mepr.gov.ua (дата звернення: 10.09.2025 р.).

26. *Air Quality Guidelines for Europe*. Geneva: WHO, 2021. URL: https://www.nature.com/articles/s44407-025-00013-w (дата звернення: 07.09.2025 р.).

27. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Наказ №45 від 14.03.2019. URL: https://mepr.gov.ua (дата звернення: 11.09.2025 р.).

28. *Land degradation and recovery potential in Ukrainian steppe regions.* Rome. URL: https://www.fao.org (дата звернення: 12.09.2025 р.).

29. US EPA (2020). *Guidelines for Human Health Risk Assessment.* Washington, DC. URL: https://www.epa.gov/risk (дата звернення:13.09.2025 р.).

30. IPCC. *Sixth Assessment Report: Climate Change Impacts and Adaptation in Eastern Europe.* Geneva: WMO, 2022. URL: https://www.ipcc.ch (дата звернення:14.09.2025 р.).

31. Nikpravda. Миколаївщина: кількість населення майже довоєнна але багато ВПО з Херсона й області. 2024. URL: https://www.nikpravda.com.ua/mykolayivshhyna-kilkist-naselennya-majzhe-dovoyenna-ale-bagato-vpo-z-hersona-j-oblasti/ (дата звернення:14.09.2025 р.).

32. Закон України „Про екологічну мережу України” від 24 червня 2004 р: чинний, редакція від 31.03.2023. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15#Text (дата звернення: 24.07.2025).

33. Закон України „Про охорону навколишнього природного середовища”: чинний, редакція від 08.08.2025. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text (дата звернення: 20.08.2025).

34. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. Методика визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам... (№ 167 від 04.04.2022). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text (дата звернення: 20.08.2025).

35. FAO. *Land degradation and recovery potential in Ukrainian steppe regions.* Rome, 2023. URL: https://www.fao.org (дата звернення: 20.08.2025).

36. Institute of Geochemistry, Czech Academy of Sciences. *Environmental contamination assessment in post-conflict regions.* Prague, 2022. URL: https://www.cas.cz (дата звернення: 20.08.2025).

37. OSCE. *Environmental Security Assessment for the Southern Region of Ukraine.* Vienna, 2024. URL: https://www.osce.org (дата звернення: 20.08.2025).

38. IAEA. *Assessment of Radioecological Risks in Southern Ukraine.* Vienna, 2023. URL: https://www.iaea.org (дата звернення: 21.08.2025).

39. World Bank. *Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment.* Washington, 2023. URL: https://www.worldbank.org (дата звернення: 22.08.2025).

40. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. *Ukraine Environmental Performance Review.* Geneva: UNECE, 2023. URL: https://unece.org (дата звернення: 25.08.2025).

41. UNEP. *Post-conflict Environmental Assessment: Ukraine.* Nairobi, 2024. URL: https://www.unep.org/resources/report/post-conflict-environmental-assessment-ukraine (дата звернення: 26.08.2025).

42. OECD. *Environmental Risk Assessment Framework.* Paris: OECD Publishing, 2018. URL: https://www.oecd.org (дата звернення: 21.08.2025).

43. UNEP. *Environmental Vulnerability Index (EVI).* Nairobi: UNEP, 2021. URL: https://www.unep.org (дата звернення: 27.08.2025).

44. UNEP/OECD. *Risk Assessment Matrix for Environmental Impact Evaluation.* Geneva, 2020. URL: https://uneplive.unep.org (дата звернення: 28.08.2025).

45. Directive 2021/850/EU on Environmental Monitoring. Brussels: European Commission, 2021. URL: https://eur-lex.europa.eu (дата звернення: 20.07.2025).