

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)
на тему

Оцінка стану довкілля м. Вінниця

Виконав: студент 4 курсу, групи Еко 2022-1
спеціальності 101 Екологія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Чала Є.Л.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник к.т.н., доц. Мельнікова О.Г.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Левашова Ю.С.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

м. Харків – 2026 рік

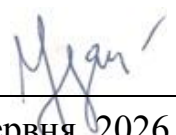
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Інститут, факультет ННІ будівництва, землеустрою та цивільної інженерії
Кафедра інженерної екології міст
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
Спеціальність 101 Екологія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д. геол.н., проф. Удалов І. В.


"16" червня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я **на кваліфікаційну роботу бакалавра** **студента**

Чалої Єлизавети Леонідівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Оцінка стану довкілля м. Вінниця

керівник проєкту (роботи) Мельнікова О.Г., канд. техн. наук, доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом Університету від "22" травня 2026 року № 441-03.

2. Строк подання студентом проєкту (роботи): 24.06.2026

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) теоретичний аналіз даних науково-технічної літератури, технічної документації та науково-дослідних матеріалів, практичні розрахунки, методи гідрохімічного аналізу стічних вод, супутникові знімки земної поверхні (джерело – веб-застосунок Google Maps.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) опис територіальної схеми охорони природи Вінницької області, характеристика ландшафту, ґрунтових та гідрологічних ресурсів, кліматичних умов, біорізноманіття та природно-заповідного фонду, аналіз стану атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтів та системи поводження з відходами, оцінка впливу воєнних дій (ракетні удари, пожежі, аварійні скиди стічних вод, транскордонне перенесення забруднень, утворення

будівельних та небезпечних відходів), розрахунок індексу забруднення в (ІЗВ), методи моніторингу довкілля (стаціонарні пости, супутникові дані, громадські сенсори), технології очищення стічних вод, заходи з оптимізації транспортних потоків, озеленення, рекультивації ґрунтів, модернізації очисних споруд та поводження з відходами.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація – 17 слайдів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Мельнікова О.Г, доцент, к.т.н.	22.05.2026	22.05.2026
2	Мельнікова О.Г, доцент, к.т.н.	24.05.2026	24.05.2026
3	Мельнікова О.Г, доцент, к.т.н.	28.05.2026	28.05.2026
4	Мельнікова О.Г, доцент, к.т.н.	01.06.2026	01.06.2026

7. Дата видачі завдання 22.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Огляд науково-технічної літератури	23.05.2026 – 03.06.2026	
2.	Обробка аналітичних даних	28.05.2026 – 08.06.2026	
3.	Аналіз документації щодо оцінки впливу на довкілля досліджуваної області	02.06.2026 – 09.06.2026	
4	Оформлення кваліфікаційної роботи	06.06.2026 – 10.06.2026	

Студент


(підпис)

Чала Є.Л.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Мельнікова О.Г.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 75 с., 7 табл., 18 рис., 38 джерел.

ЯКІСТЬ ДОВКІЛЛЯ, АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ВОДНІ РЕСУРСИ, ГРУНТИ, ВІДХОДИ, ВОЄННІ ДІЇ, МОНІТОРИНГ, ОЧИСНІ СПОРУДИ

Об'єктом дослідження є навколишнє природне середовище Вінницької області.

Метою роботи є оцінка якості довкілля м. Вінниця шляхом порівняльного аналізу показників забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів та системи поводження з відходами, а також обґрунтування заходів щодо покращення екологічної ситуації в умовах воєнного стану.

Під час виконання дослідження застосовано методи аналізу науково-технічних джерел, нормативної документації, порівняльного аналізу даних моніторингу, гідрохімічних досліджень, розрахунку індексу забруднення води (ІЗВ), а також методів дистанційного зондування Землі (супутникові дані Sentinel-5P) та ГІС-технологій.

Оцінено параметри техногенного навантаження джерел забруднення м. Вінниця на довкілля. Головними чинниками негативного впливу у воєнний час визначено викиди від ракетних ударів і пожеж, аварійні скиди стічних вод через знеструмлення, інтенсифікацію автотранспорту, роботу дизель-генераторів та зростання обсягів відходів. Також було проведено аналіз рішень, щодо підвищення ефективності очищення стічних вод, зокрема їх резервного живлення, а також заходи з оптимізації транспортних потоків, озеленення, рекультивації ґрунтів і поводження з відходами. Досліджено утилізацію та вторинне використання будівельних відходів від руйнувань.

Розглянуто застосування громадських сенсорів (EcoCity, SaveEcoBot) для розширення моніторингу якості повітря з метою інформування населення та зниження ризиків для здоров'я.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА ДОВКІЛЛЯ.....	8
1.1 Аналіз наукових підходів до оцінки екологічних наслідків воєнних дій	8
1.1.1 Екосистемний науково-методичних підходів до оцінювання екологічних наслідків воєнних дій	9
1.1.2 Ланшафтно-геохімічний науково-методичних підходів до оцінювання екологічних наслідків воєнних дій	12
1.1.3 Ризик-орієнтований науково-методичних підходів до оцінювання екологічних наслідків воєнних дій	14
1.2 Вплив воєнних дій на атмосферне повітря	18
1.3 Вплив воєнних дій на водні ресурси.....	22
1.4 Порушення стану ґрунтів та земельних ресурсів.....	25
РОЗДІЛ 2. ПОТОЧНИЙ СТАН ДОВКІЛЛЯ НА ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	34
2.1 Соціально-економічна характеристика	34
2.2 Кліматична характеристика.....	35
2.3 Характеристика ландшафту.....	38
2.4 Гідрологічні ресурси Вінницької області.....	40
2.5 Ґрунтові ресурси Вінницької області	42
2.6 Біоресурси Вінницької області.....	44
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ, ЩО ВИНИКЛИ НА ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ПІД ВПЛИВОМ ВІЙНИ.....	46
3.1 Стан атмосферного повітря	46
3.2 Стан водних об'єктів	49
3.3 Стан ґрунтових екосистем	55

3.4 Поводження з відходами.....	58
РОЗДІЛ 4 МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ НА ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	61
4.1. Відновлення та охорона водних ресурсів	61
4.2. Відновлення і захист ґрунтового покриву	62
4.4 Зниження забруднення атмосферного повітря	65
4.5 Збереження і відновлення природно-заповідного фонду та біорізноманіття.....	66
4.6 Вдосконалення системи екологічного моніторингу	67
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
ДОДАТКИ.....	76

ВСТУП

До початку повномасштабного вторгнення 24.02.2022 р., екологічний стан Вінницької області мав відносно стабільний характер, без значних порушень, проте з локальним забрудненням екосистем. Із початком активних бойових дій на території України, Вінницька область неодноразово зазнавала прямих та опосередкованих негативних впливів.

З огляду на те, що Вінницька область розташована у південно-західній частині України, воєнні дії на її території мають менш виражений характер порівняно зі східними та південними регіонами країни. Попри це не можна не відзначити негативні зміни, які вони спричиняють в екосистемах цього регіону.

Мета дослідження – оцінка якості довкілля м. Вінниця шляхом порівняльного аналізу показників забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів та системи поводження з відходами, а також обґрунтування заходів щодо покращення екологічної ситуації в умовах воєнного стану.

Для виконання мети необхідно виконати такі завдання:

- 1) Аналіз стану навколишнього природного середовища 2018 та 2025 років.
- 2) Визначення головних та опосередкованих наслідків воєнних дій для екосистем області.
- 3) Оцінка змін ключових екологічних показників.
- 4) Виокремити території та компоненти довкілля, які найбільше постраждали від воєнних дій.
- 5) Створити рекомендації щодо збереження стабілізації екологічного стану.

Об'єкт дослідження – навколишнє природне середовище Вінницької області.

Предмет дослідження – вплив воєнних дій на навколишнє природне середовище Вінницької області, порівняння з довоєнним часом.

Практична значимість. Результати дослідження можуть бути використані природоохоронними органами Вінницької області для оцінки впливу воєнних дій на довкілля та розробки заходів з його відновлення.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА ДОВКІЛЛЯ

1.1 Аналіз наукових підходів до оцінки екологічних наслідків воєнних дій

Вплив війни на навколишнє природне середовище України є найбільш актуальною проблемою останніх років. З 2014 року на території країни триває збройна агресія Російської Федерації, а після 24 лютого 2022 року вона перейшла в активну фазу, внаслідок чого цей напрям стало неможливо ігнорувати. У науковому середовищі такі дії названо «екоцидом», під яким мають на увазі масове знищення навколишнього природного середовища та загрозу екологічної катастрофи (рис. 1.1) [1].

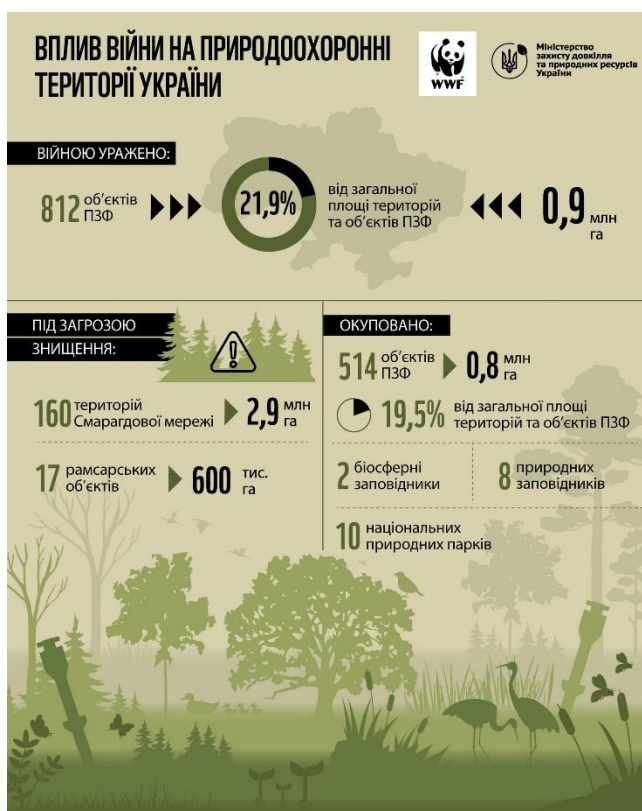


Рисунок 1.1 – Інфографіка від WWF-Україна про вплив війни на довкілля [1]

Воєнні дії є причиною значного антропогенного навантаження на екосистеми, це проявляється у забрудненні атмосферного повітря, ґрунтів,

водойм, знищення флори та фауни. При порушенні природних процесів стає складним відновлення екосистем. Наслідком вибухів, пожеж, руйнування промисловості та інфраструктури є потрапляння в навколишнє середовище великої кількості шкідливих речовин, продуктів горіння, важких металів. Ці фактори призводять до погіршення екологічного стану населених пунктів, зниження біорізноманіття та порушення рівноваги екосистем. Порушення природних процесів ускладнює відновлення екосистем, а наслідки воєнних дій неможливо усунути роками, а деякі з них є непоправними [1].

У контексті зазначених проблем особливого значення набуває розробка та систематизація науково-методичних підходів до оцінювання екологічних наслідків воєнних дій. На сучасному етапі дослідники виокремлюють три основні групи підходів: екосистемний, ландшафтний та ризик-орієнтовний підходи.

1.1.1 Екосистемний науково-методичних підходів до оцінювання екологічних наслідків воєнних дій

Екосистемний підхід зосереджується на аналізі структурно-функціональних змін природних комплексів, спричинених вибуховою, пожежною та механічною дією. Особливість цього підходу полягає в тому, що навколишнє природне середовище розглядається не як набір окремих компонентів – ґрунт, вода, повітря, рослинність, – а як цілісна функціональна система, в якій порушення одного елементу неминуче запускає ланцюгову реакцію змін у всіх інших. Саме тому оцінка, виконана в рамках цього підходу, дає найповніше уявлення про реальний масштаб екологічної шкоди від воєнних дій. Центральним дослідницьким параметром є стан рослинного покриву, оскільки рослинність є найчутливішим і водночас найдоступнішим для спостереження індикатором змін в екосистемі. Для його кількісної оцінки використовують нормалізований вегетаційний індекс (NDVI), що розраховується за даними супутникових знімків і відображає ступінь фотосинтетичної активності рослин на конкретній ділянці [2]. Порівняння

значень NDVI за базовий і поточний роки дозволяє виявити деградовані ділянки навіть без виїзду на місцевість – що особливо важливо в умовах обмеженого доступу до зон бойових дій. Додатково застосовують індекс листової поверхні (LAI), який характеризує загальну площу листового апарату рослин на одиницю площі ґрунту і є чутливим показником продуктивності рослинного угруповання [2].

Другим ключовим параметром є видове різноманіття – як рослин, так і тварин. У межах екосистемного підходу воно оцінюється не лише кількісно (через індекси Шеннона, Сімпсона або Маргалефа), але й якісно: аналізується зміна частки рідкісних та ендемічних видів, зникнення видів-ефікаторів, що формують структуру угруповання, а також поява нових адвентивних і інвазійних видів, які заповнюють ніші, що звільнилися після деградації корінних ценозів. Зниження видового різноманіття є ознакою втрати екосистемної стійкості, тобто здатності протистояти подальшим зовнішнім впливам [3].

Важливим параметром є ступінь просторової фрагментації природних угідь – лісів, луків, болотних масивів. Воєнні дії розрізають суцільні природні масиви лініями окопів, технічними дорогами, смугами пожарищ і зонами руйнувань, перетворюючи їх на ізольовані фрагменти. Це явище, відоме в екології як фрагментація середовища існування, є одним із найнебезпечніших довгострокових наслідків збройних конфліктів для біорізноманіття: воно унеможливорює обмін генетичним матеріалом між популяціями, блокує міграційні коридори та підвищує ризик локального зникнення видів навіть після припинення прямого фізичного знищення (рис. 1.2).

Окремим параметром, на який в екосистемному підході звертають все більшу увагу, є стан ґрунтової біоти – сукупності мікроорганізмів, грибів і безхребетних, що мешкають у ґрунті і забезпечують його родючість. Вибухи, пожежі і рух важкої техніки призводять до різкої зміни мікробного угруповання ґрунту: знищуються нітрифікуючі бактерії і мікоризні гриби, натомість зростає частка анаеробних форм, нечутливих до ущільнення і теплового впливу.

Оскільки ґрунтова мікробіота є основою функціонування всього наземного блоку екосистеми, її деградація означає фактичну втрату екосистемних послуг – розкладання органіки, кругообігу поживних речовин, утримання вологи – на роки вперед [3].



Рисунок 1.2 – Екосистемний підхід оцінки впливів війни

Невід’ємним параметром екосистемного підходу є оцінка відновлювального потенціалу – здатності пошкодженої екосистеми повертатися до вихідного стану після зняття руйнівного навантаження. Цей параметр залежить від типу екосистеми, характеру і глибини пошкоджень, кліматичних умов та наявності насінневих і відновних джерел у найближчому оточенні. Для лісових екосистем він вимірюється у десятиліттях, для степових та лучних – у роках. У зонах, де ґрунтовий шар зруйновано до материнської породи вибухами або хімічно інактивований важкими металами, природне відновлення без активного втручання людини може виявитись практично неможливим. З огляду на це наслідки прояву порушення ґрунтових систем за звичай мають відтермінований характер, а за економічними показниками оцінюється, як економічні втрати майбутньої продукції [4].

1.1.2 Ландшафтно-геохімічний науково-методичних підходів до оцінювання екологічних наслідків воєнних дій

Ландшафтно-геохімічний підхід передбачає вивчення міграції полютантів (важких металів, сполук сірки, азоту, вуглецю, вибухових речовин, нафтопродуктів) у межах річкових басейнів, ґрунтових горизонтів та трофічних ланцюгів. На відміну від екосистемного підходу, що зосереджується переважно на біологічних структурах, цей підхід відстежує речовинний обмін між компонентами середовища: яким шляхом конкретний забруднювач надходить у довкілля, як він переміщується між ґрунтом, водою і живими організмами, де накопичується і на яких ділянках ландшафту осідає найінтенсивніше. Саме ця інформація є необхідною для визначення зон першочергової екологічної небезпеки і планування рекультиваційних заходів [5].

Первинним і найважливішим дослідницьким параметром є вміст пріоритетних забруднювачів у ґрунтах. До них належать важкі метали – свинець, цинк, мідь, нікель, кадмій, ртуть, хром, – що надходять у ґрунт від вибухів боєприпасів, горіння техніки та руйнування металоконструкцій. Кожен із цих металів характеризується різною рухливістю у ґрунтовому профілі, різним ступенем фітотоксичності та різним часом напіврозпаду у природних умовах. Наприклад, свинець є малорухомим і накопичується переважно у верхньому гумусовому горизонті, тоді як кадмій і цинк значно легше вимиваються у нижні горизонти і підземні води. Для кількісної оцінки забруднення використовують геохімічний коефіцієнт концентрації – відношення виміряного вмісту металу до його кларкового або фонового значення для даного типу ґрунту, – а також сумарний показник забруднення Z_c , що інтегрує дані по всьому комплексу визначених металів [5].

Окремою групою параметрів є вміст органічних вибухових речовин та продуктів їх трансформації. Тротил (2,4,6-тринітротолуол, TNT), гексоген (RDX) і пентрит (PETN) – основні компоненти сучасних боєприпасів – є стійкими до мікробного розкладання сполуками, що здатні зберігатись у ґрунті роками і десятиліттями [6]. Продукти їх неповної трансформації –

діамінотолуоли, амінодинітротолуоли – є ще більш токсичними, ніж вихідні речовини, і легко засвоюються рослинами, потрапляючи далі у трофічний ланцюг. Визначення цих сполук у ґрунтових пробах методами газової хроматографії та хроматомас-спектрометрії є обов'язковою складовою ландшафтно-геохімічного обстеження постконфліктних територій (рис. 1.3) [6].



Рисунок 1.3 – Ландшафтно-геохімічний підхід до оцінки впливів війни

Важливим параметром є також забрудненість ґрунтів і водних об'єктів нафтопродуктами. Розлиття пального з підбитої техніки, пошкоджених паливопроводів і нафтосховищ призводить до утворення стійких нафтових плівок на поверхні водойм і ділянок ґрунту, насиченого вуглеводнями. У ґрунті нафтопродукти пригнічують мікробну активність, знижують водопроникність і перешкоджають проростанню насіння. Для оцінки ступеня нафтового забруднення використовують визначення загального вмісту нафтопродуктів (ЗВН) у ґрунтових і водних пробах, а також інфрачервону спектроскопію і люмінесцентний аналіз, що дозволяють встановити тип і ступінь деградації вуглеводнів [8].

Основним інструментом ландшафтно-геохімічного підходу є аналіз потоків забруднювачів між компонентами природного середовища. Для цього

вивчають коефіцієнт вимивання – частку забруднювача, що переходить із ґрунту у водну фазу за одиницю часу – і коефіцієнт міграції, що характеризує здатність речовини переміщуватися з водотоками на певну відстань від джерела забруднення. Ці показники суттєво залежать від кислотності ґрунту, вмісту органічної речовини, гранулометричного складу і гідрологічного режиму конкретної ділянки, тому в польових дослідженнях їх завжди визначають у прив'язці до характеристик місцевого ландшафту [7, 8].

Для розуміння масштабів і меж поширення забруднення ключовою є оцінка стану донних відкладів водойм. Донні відклади є геохімічним архівом: вони акумулюють політанти, що надходять із водозбірної площі протягом тривалого часу, і зберігають їх навіть після того, як концентрація у воді повернулася до фонових значень. Аналіз вертикального розподілу забруднювачів у кернах донних відкладів дозволяє відновити хронологію забруднення і встановити, коли саме відбувся пік надходження тих чи інших речовин – що особливо цінно у ситуаціях, коли регулярний моніторинг у воєнний час не проводився.

Завершальним параметром ландшафтно-геохімічного дослідження є оцінка біоаккумуляції та біомагніфікації забруднювачів у трофічних ланцюгах. Перехід важких металів і стійких органічних сполук із ґрунту у рослини, потім у фітофагів і далі у хижаків супроводжується прогресивним зростанням їх концентрацій у тканинах – так, що на верхівці ланцюга живлення вміст токсиканту може перевищувати ґрунтову концентрацію в сотні разів. Для практики сільськогосподарського виробництва і оцінки безпеки харчових продуктів, вирощених на постраждалих територіях, цей параметр є одним із найважливіших [7, 8].

1.1.3 Ризик-орієнтований науково-методичних підходів до оцінювання екологічних наслідків воєнних дій

Ризик-орієнтований підхід, який набув поширення у працях зарубіжних науковців, зокрема N. Krampe [9], R. Francis [10], а також у дослідженнях

Стокгольмського міжнародного інституту миру (SIKramp) [11, 12], принципово відрізняється від двох попередніх підходів своєю спрямованістю на майбутнє. Якщо екосистемний і ландшафтно-геохімічний підходи фіксують і описують вже наявні зміни в довкіллі, то ризик-орієнтований підхід ставить питання інакше: яка ймовірність того, що конкретна загроза реалізується, яка її інтенсивність і хто або що постраждає найбільше?

Концептуальна основа підходу – ймовірна оцінка ризику, що визначається як добуток небезпечності чинника, вразливості об'єкта та його схильності до впливу. Першим і базовим параметром є характеристика джерела загрози – його тип, потужність і просторовий охопит. Стосовно воєнних дій джерелами загроз є мінні поля, покинуті бойові позиції із залишками боєприпасів, пошкоджені промислові та інфраструктурні об'єкти, а також забруднені ділянки ґрунту і водойм. Для кожного джерела оцінюється його потенційна небезпечність – обсяг і склад можливого викиду шкідливих речовин – і тривалість існування: одні джерела нейтралізуються за тижні після роззброєння, інші, як мінні поля або забруднені важкими металами ґрунти, зберігають загрозу десятиліттями [12].

Другий ключовий параметр – вразливість реципієнтів, тобто об'єктів, на які спрямована загроза. Реципієнтами є населення (особливо діти і вагітні жінки як найбільш чутливі групи), сільськогосподарські угіддя, джерела питного водопостачання, природоохоронні території та об'єкти критичної інфраструктури. Вразливість оцінюється через дозу впливу – кількість забруднювача, що реально надходить до реципієнта за певний час, – і порівнюється з нормативними порогоми: гігієнічними нормативами для населення, гранично допустимими концентраціями для ґрунтів і вод, критичними навантаженнями для екосистем. Чим менший розрив між реальним впливом і пороговим значенням, тим вищою вважається вразливість конкретного об'єкта (рис. 1.4).

Особливого значення в ризик-орієнтованому підході набувають так звані «ефекти запізнення» – наслідки, що проявляються не одразу після воєнних

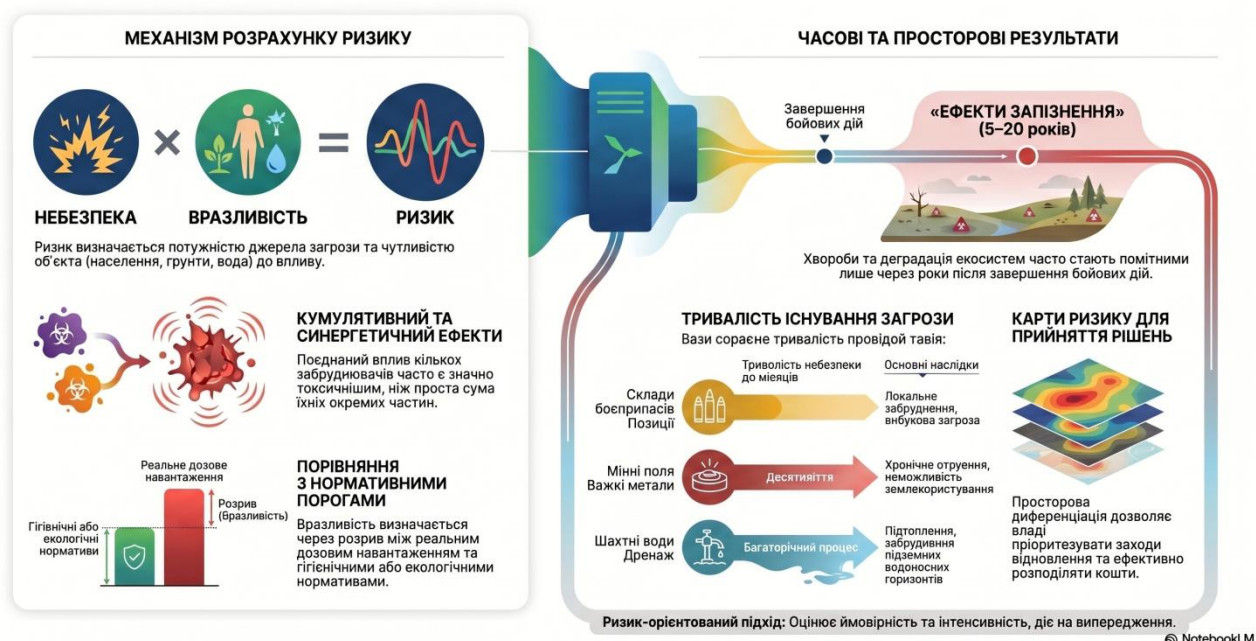


Рисунок 1.4 – Ризик-орієнтований підходів до оцінювання екологічних наслідків воєнних дій

подій, а через 5, 10 або навіть 20 років. Класичним прикладом є онкологічна захворюваність населення, пов'язана з хронічним впливом важких металів або радіоактивного пилу: перші статистично значущі зміни у показниках здоров'я фіксуються щонайменше через 5-7 років після початку впливу. А також, вторинне засолення ґрунтів, що виникає через порушення дренажних систем у зонах бойових дій, або підйом забрудненого шахтного підтоплення у підземні водоносні горизонти – це процеси, що розгортаються повільно і стають очевидними лише тоді, коли запобігти їм уже значно складніше [13].

Важливим параметром є оцінка кумулятивного ризику – поєднаного впливу кількох загроз одночасно на один і той самий об'єкт. У зонах бойових дій населення, як правило, стикається не з однією ізольованою загрозою, а з їх комбінацією: забрудненою водою, деградованими ґрунтами сільськогосподарських угідь і погіршеною якістю повітря одночасно. Кумулятивний ризик не є простою сумою окремих ризиків, між ними можуть існувати синергетичні ефекти, коли поєднаний вплив виявляється значно токсичнішим, ніж кожен із чинників окремо. Врахування кумулятивного ризику

є методологічно складним завданням, і саме тому ризик-орієнтований підхід потребує міждисциплінарного залучення токсикологів, медиків та екологів [13].

Обов'язковим параметром ризик-орієнтованого дослідження є просторова диференціація ризику – визначення того, які саме ділянки у межах досліджуваної території є найнебезпечнішими і потребують першочергових заходів. Для цього будують карти ризику, що поєднують дані про розташування джерел загроз, просторовий розподіл реципієнтів та характеристики ландшафту, що визначають шляхи міграції забруднювачів [14]. Такі карти є основним практичним результатом ризик-орієнтованої оцінки – вони безпосередньо використовуються органами державного управління для пріоритизації природоохоронних заходів і розподілу коштів на відновлення.

Завершальним і суто практичним параметром є монетарна оцінка ризику – вартісне вираження ймовірних збитків від реалізації загрози і витрат на її попередження або ліквідацію наслідків. Цей параметр є необхідним для прийняття управлінських рішень: він дозволяє порівняти вартість превентивних заходів із вартістю очікуваної шкоди і обґрунтувати доцільність конкретних інвестицій у відновлення довкілля. Саме на монетарній оцінці ризику побудована більшість міжнародних механізмів компенсації екологічних збитків від збройних конфліктів – зокрема методика UNEP [15].

Важливим інструментом реалізації зазначених підходів є методи дистанційного зондування Землі та геоінформаційного моделювання. Супутникові знімки середньої та високої роздільної здатності (Landsat-8, Sentinel-2, MODIS) дозволяють у ретроспективі оцінити зміни рослинного покриву (розрахунок нормалізованого вегетаційного індексу NDVI), виявити термічні аномалії, пов'язані з пожежами на об'єктах інфраструктури, а також зафіксувати порушення гідрологічного режиму територій.

Поряд із технічними аспектами екологічного моніторингу важливе значення у сучасних наукових дослідженнях має проблема методичної та правової оцінки збитків, завданих навколишньому природному середовищу внаслідок воєнних дій. Існуючі міжнародні методики, зокрема розроблені

Програмою ООН з навколишнього середовища (UNEP) та Європейським агентством з довкілля (EEA) [16], переважно спрямовані на оцінку наслідків техногенних аварій і локальних екологічних катастроф у мирний час. Однак їх використання в умовах війни є обмеженим через специфіку джерел забруднення, серед яких вибухові речовини, руйнування промислових та інфраструктурних об'єктів, масштабні пожежі, а також складність проведення повноцінних польових досліджень у районах бойових дій. Крім того, суттєвою проблемою є відсутність систематичних фонових спостережень на окремих територіях. У зв'язку з цим українські науковці наголошують на необхідності вдосконалення існуючих методик та розроблення національних підходів до оцінки екологічних наслідків війни з урахуванням особливостей окремих регіонів України [17].

На основі проведеного аналізу наукових підходів, які застосовуються до оцінки екологічних наслідків воєнних дій, можна зробити висновки, що сучасна наука володіє розгалуженим методологічним інструментарієм для вивчення цієї проблеми.

1.2 Вплив воєнних дій на атмосферне повітря

Атмосферне повітря є компонентом довкілля, який найшвидше реагує на наслідки воєнних дій. На відміну від ґрунтів і водних об'єктів, де забруднення часто має локальний характер, продукти вибухів, пожеж та руйнування інфраструктури потрапляють в атмосферу миттєво та можуть переноситися на значні відстані. Для Вінницької області це означає можливість погіршення якості повітря навіть за відсутності активних бойових дій на її території внаслідок транскордонного перенесення забруднювачів або локальних ракетних і дронів ударів по об'єктах інфраструктури.

Після початку повномасштабного вторгнення Росії в Україну 24 лютого 2022 року екологічні наслідки війни стали важливою складовою оцінки її впливу. У науковій літературі виділяють три основні механізми забруднення атмосферного повітря (рис. 1.5). Перший пов'язаний із прямими викидами під

час детонації боєприпасів, коли в атмосферу надходять оксиди азоту, чадний газ, важкі метали (свинець, миш'як, сурма, барій), сажа та дим. Другим джерелом є пожежі, спричинені обстрілами, під час яких утворюються поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), діоксини, фурани та інші токсичні сполуки. Особливу небезпеку становить горіння нафтосховищ і паливних баз. Третім фактором є руйнування промислових підприємств та інженерної інфраструктури, що може спричиняти неконтрольовані викиди специфічних забруднювачів.

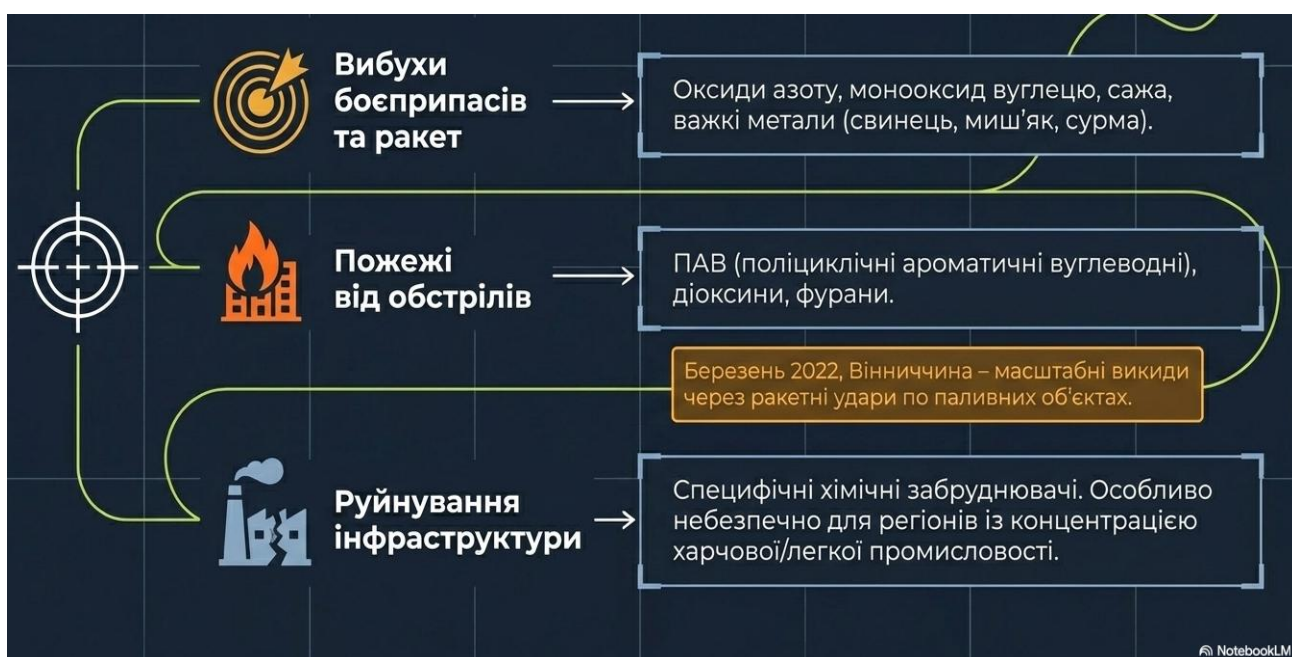


Рисунок 1.5 – Основні механізми забруднення атмосферного повітря в наслідок бойових дій

Серед найбільш небезпечних компонентів атмосферного забруднення воєнного походження виділяють важкі метали, зокрема свинець, який має виражені нейротоксичні властивості. Значну загрозу становлять також бензо(а)пірен та інші ПАВ, що належать до канцерогенних речовин. При горінні полімерних матеріалів утворюються діоксини та фурани, здатні накопичуватися в живих організмах і викликати порушення функціонування ендокринної системи та онкологічні захворювання (табл. 1.1) [18].

Таблиця 1.1 – Обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за період з 2012 по 2021 рр.

Рік	Викиди забруднюючих речовин, всього, тис. т	Стаціонарні джерела, тис. т	Пересувні джерела, тис. т	Викиди CO ₂ , всього, млн. т	Стаціонарні джерела CO ₂ , млн т	Пересувні джерела CO ₂ , млн т
2012	6821,1	4335,3	2485,8	232,0	198,2	33,8
2013	6719,8	4295,1	2424,7	230,7	197,6	33,1
2014	5346,2	3350,0	1996,2	194,7	166,9	27,8
2015	4521,3	2857,4	1663,9	162,0	138,9	23,1
2016	4686,6	3078,1	1608,5	173,9	150,6	22,3
2017	4230,6	2584,9	1645,7	148,2	124,2	24,0
2018	4121,2	2508,3	1612,9	150,5	126,4	24,1
2019	4119,0	2459,5	1659,5	147,2	121,3	25,9
2020	3675,3	2238,6	1436,7	131,9	109,1	22,8
2021	3788,8	2242,6	1546,7	-	102,5	-

Особливу увагу привертають тверді частки PM_{2.5} та PM₁₀, які утворюються під час вибухів і пожеж. Дрібнодисперсний пил проникає в нижні відділи дихальної системи та кровоносне русло, підвищуючи ризик серцево-судинних і респіраторних захворювань. В умовах воєнних дій концентрації таких часток можуть у багато разів перевищувати рекомендовані нормативи (табл. 1.2) [18].

Характерною особливістю атмосферного забруднення під час війни є його значне просторове поширення. Димові шлейфи від масштабних пожеж можуть переноситися на сотні кілометрів залежно від метеорологічних умов, що підтверджується даними супутникового моніторингу.

Таблиця 1.2 – Розмір екологічної шкоди для атмосфери від згоряння бойових частин ракет за період з 24.02.2022 по 3.01.2023

Шкідлива речовина	Маса згорілої речовини, Мі, т	Екологічний податок грн/т	Коефіцієнт класу небезпеки	Розмір шкоди, грн
CO	0.049	96,99	2	342,173
Pb та його сполуки	0,0000695	109127,84	5	1362,335
PM ₁₀ , PM _{2.5} (сажа)	0,0049	96,99	3	37,64
NO ₄	1,283	2574,43	2	237815,54
NH ₃	0,0036	482,84	2	125,34
CO ₂	3163	30,0	2	6833080,00

Оцінювання стану атмосферного повітря в умовах війни ускладнюється обмеженою роботою мережі стаціонарних постів спостережень. Тому все більшого значення набувають методи дистанційного зондування Землі, які дозволяють відстежувати концентрації аерозолів, термічні аномалії та вміст окремих газових забруднювачів (NO₂ , SO₂ , CO) в атмосфері.

Загалом джерела викидів воєнного походження можна поділити на три групи: викиди від вибухів та руйнування промислових об'єктів, викиди від пожеж в екосистемах і викиди від спалювання палива військовою технікою. Для кількісної оцінки їхнього впливу застосовують метод емісійних факторів, рекомендований ЕРА та ЕМЕР. Він ґрунтується на визначенні активності джерела забруднення (маси пального, площі пожежі, кількості вибухових речовин) та відповідного емісійного коефіцієнта [19, 20]. Поєднання цього підходу із супутниковими даними та моделями перенесення забруднювачів дозволяє оцінювати як обсяги викидів, так і потенційний вплив на здоров'я населення.

Отже, воєнні дії спричиняють комплексне забруднення атмосферного повітря внаслідок вибухів, пожеж і руйнування інфраструктури. Основними забруднювачами є важкі метали, оксиди азоту та сірки, чадний газ, поліциклічні ароматичні вуглеводні, діоксини та тверді частки, а їх кількісна оцінка можлива шляхом використання емісійних факторів у поєднанні з даними дистанційного моніторингу.

1.3 Вплив воєнних дій на водні ресурси

Водні ресурси є одним із найбільш вразливих компонентів довкілля до антропогенного впливу, особливо в умовах воєнних конфліктів. На відміну від атмосферного повітря, вода здатна акумулювати забруднювачі, які накопичуються у водній товщі, донних відкладах та організмах гідробіонтів, зберігаючись протягом тривалого часу. Тому наслідки воєнних дій для водного середовища мають довготривалий характер.

Після початку повномасштабного вторгнення Росії у 2022 році водні ресурси України зазнали значного негативного впливу внаслідок руйнування промислових підприємств, нафтосховищ, каналізаційної та гідротехнічної інфраструктури. Навіть для регіонів, віддалених від лінії фронту, зокрема Вінницької області, ці загрози залишаються актуальними [21].

Наукові дослідження дозволяють виокремити кілька основних механізмів впливу бойових дій на водні ресурси. Перший пов'язаний із руйнуванням промислових об'єктів, що спричиняє надходження до водойм палива, мастил та інших небезпечних хімічних речовин [21, 22]. Другий механізм обумовлений забрудненням продуктами вибухів і залишками боєприпасів, які містять важкі метали та стійкі вибухові сполуки. Третій полягає у виході з ладу очисних споруд і насосних станцій, що призводить до скидання неочищених стічних вод у природні водотоки. Четвертий механізм пов'язаний із порушенням систем моніторингу та змінами землекористування, які посилюють ерозійні процеси та надходження завислих речовин до водойм (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Провідні напрямки впливів військових дій на водні об'єкти

Найшвидше на воєнне забруднення реагують поверхневі води. Для них характерне підвищення концентрацій важких металів, нафтопродуктів, сполук азоту та фосфору, а також бактеріального забруднення. Показовим прикладом стала руйнація Каховської ГЕС у 2023 році, яка спричинила масштабне надходження до водних екосистем нафтопродуктів, агрохімікатів, відходів та інших забруднювачів [23].

Погіршення якості води безпосередньо впливає на доступ населення до безпечного водопостачання та підвищує ризики виникнення кишкових інфекцій, гепатиту А та інших водообумовлених захворювань. Водночас чинна нормативно-правова база України у сфері охорони водних ресурсів формувалася переважно для мирних умов, що створило певні труднощі щодо контролю якості води під час воєнного стану.

У 2022–2023 роках в Україні розпочато впровадження нових підходів до екологічного моніторингу із залученням міжнародних організацій. Важливу роль відіграють методи дистанційного зондування Землі, які дозволяють оперативно виявляти термічні аномалії, зміни кольоровості води, затоплення територій та розливи нафтопродуктів. Разом із тим супутникові спостереження не дають змоги визначати концентрації важких металів, органічних токсикантів

чи патогенних мікроорганізмів, тому вони використовуються у поєднанні з наземними дослідженнями та математичним моделюванням [22].

Досвід попередніх воєнних конфліктів свідчить, що негативні наслідки для водних ресурсів можуть зберігатися десятиліттями. Забруднення донних відкладів важкими металами та нафтопродуктами підтримує тривале погіршення якості води навіть після завершення бойових дій. Руйнування очисної інфраструктури сприяє евтрофікації водойм, масовому розвитку ціанобактерій, накопиченню токсинів та погіршенню умов водокористування. Досвід Сирії та Іраку демонструє, що відновлення водних екосистем потребує багаторічних природоохоронних заходів і значних фінансових ресурсів.

Особливу небезпеку становить забруднення підземних вод, які є основним джерелом питного водопостачання для багатьох населених пунктів України. Підземні горизонти забруднюються повільніше за поверхневі води, проте їх природне відновлення може тривати десятки й навіть сотні років. Основними джерелами забруднення є пошкоджені каналізаційні мережі, витоки нафтопродуктів, проникнення компонентів вибухових речовин та інфільтрація забруднених поверхневих вод [21, 22].

Суттєвою проблемою залишається затоплення шахт Донбасу, що супроводжується надходженням у водне середовище високомінералізованих шахтних вод із підвищеним вмістом сульфатів, заліза, марганцю та важких металів. Для оцінки таких ризиків використовуються методики UNEP та рекомендації ЄЕК ООН, які поєднують супутникові спостереження, польові дослідження та гідрогеологічне моделювання. Однак через триваючі бойові дії значна частина оцінок наразі має прогностичний характер (рис. 1.7). На жаль не тільки прифронтові території характеризуються погіршенням моніторингового контролю через знищення постів спостереження та окупацію територій. Навіть території, які безпосередньо не належать до територій де ведуться активні бойові дії, як то Вінницька область, потерпають від регулярних ракетних обстрілів, що призвело до втрати багатьох пунктів моніторингового спостереження на великих річкових артеріях країни.

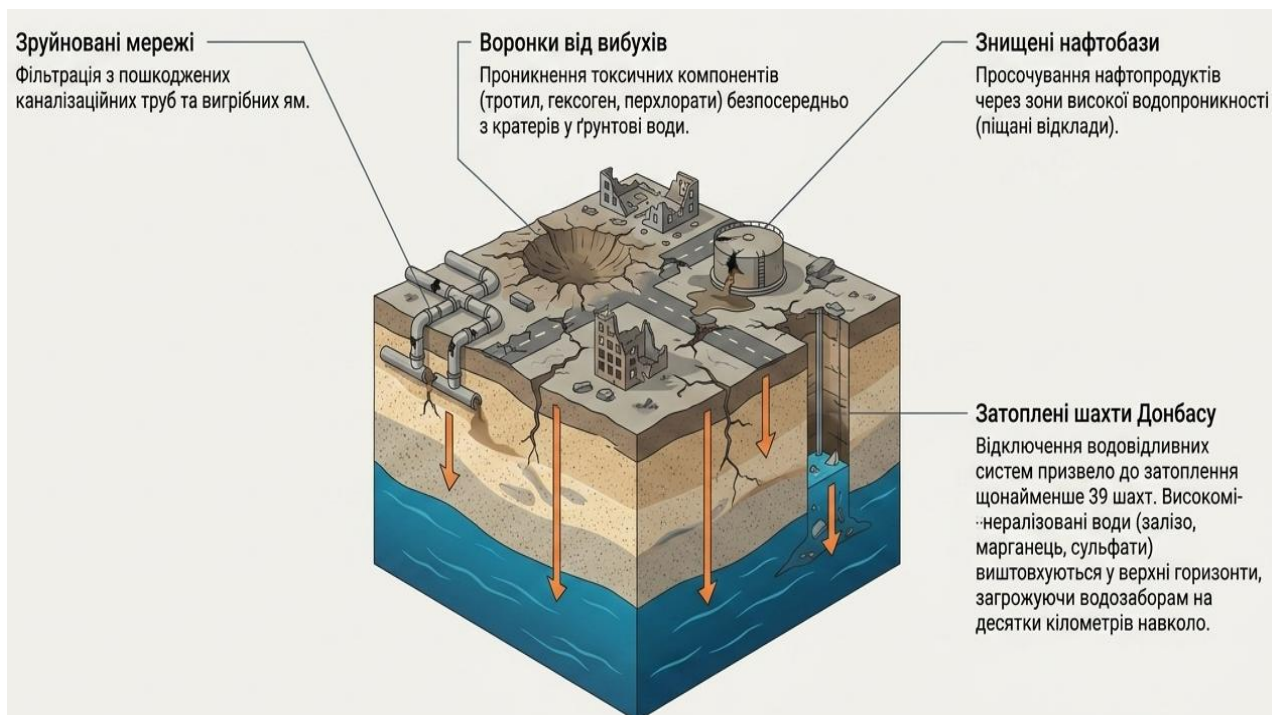


Рисунок 1.7 – Шляхи надходження полютантів до підземних вод у наслідок впливів війни

Таким чином, воєнні дії створюють комплексний та довготривалий вплив на поверхневі й підземні водні ресурси, що потребує удосконалення систем моніторингу, розвитку сучасних методів оцінки екологічних збитків та реалізації довгострокових заходів із відновлення водних екосистем.

1.4 Порушення стану ґрунтів та земельних ресурсів

Серед компонентів навколишнього природного середовища, що зазнають найбільшого негативного впливу внаслідок воєнних дій, особливе місце посідає ґрунтовий покрив. Це пов'язано з тим, що ґрунт є важковідновлюваним природним ресурсом: формування 1 см родючого шару триває від 100 до 400 років, тоді як його руйнування може відбутися миттєво внаслідок вибухів, пожеж або механічного пошкодження. Для України, де сільськогосподарські угіддя займають понад дві третини території, деградація ґрунтів становить серйозну екологічну та економічну проблему (рис. 1.8).



<https://surl.li/eespqs>

Рисунок 1.8 – Наслідки військових дій для ґрунтів України

Вплив воєнних дій на ґрунтовий покрив доцільно поділяти на механічний, хімічний та біологічний (рис. 1.9). Механічний вплив пов'язаний насамперед із переміщенням важкої військової техніки, що спричиняє ущільнення верхніх горизонтів ґрунту, порушення його порової структури та погіршення водно-повітряного режиму. Додатково будівництво окопів, траншей та фортифікаційних споруд супроводжується перемішуванням ґрунтових горизонтів і руйнуванням природного профілю. У місцях вибухів утворюються кратери, де родючий шар зміщується вглиб, а на поверхню виносяться малородючі породи, що потребує проведення рекультиваційних заходів [24].

Найбільш тривалими наслідками характеризується хімічне забруднення ґрунтів. Під час вибухів та руйнування військової техніки до ґрунту надходять важкі метали, залишки вибухових речовин і продукти згоряння пального. Особливу небезпеку становлять важкі метали, які не руйнуються природним шляхом і можуть накопичуватися в ґрунтах протягом десятиліть, потрапляючи до рослинної продукції та підземних вод.



Рисунок 1.9 – Вплив воєнних дій на ґрунтовий покрив

За результатами досліджень у районах бойових дій концентрації окремих металів можуть перевищувати фонові показники у десятки разів (табл. 1.3–1.5) [25].

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика агрохімічних показників ґрунтів

Місце відбору проби	рН сольова витяжка	Гумус, %	Гідролізований азот мг/кг	Нітратний азот, мг/кг	Амонійний азот, мг/кг	Мінеральний азот, мг/кг	Рухомий фосфор, мг/кг	Рухомий калій, мг/кг
Ґрунт з непорушеної ділянки	5,1	4,93	115,5	21,4	5,2	26,6	77,5	175,0
Ґрунт з-під танку	6,1	4,83	114,1	14,8	6,8	21,6	3,5	163,8

Значну проблему становить також забруднення нафтопродуктами, яке виникає внаслідок руйнування нафтобаз, паливних складів та транспортної інфраструктури. Потрапляючи у ґрунт, нафтопродукти утворюють

водонепроникні плівки, порушують газообмін і пригнічують діяльність ґрунтової мікрофлори.

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика екотоксичності ґрунтів

Місце відбору проби	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Ni, мг/кг	Cd, мг/кг	Mn, мг/кг	Fe, мг/кг	Нафтопродукти, мг/кг
Ґрунт з не порушеної ділянки	0,30	1,2	2,3	1,6	0,11	7,1	3,6	Сліди
Ґрунт з-під танку	143,5	6,2	351,9	6,0	3,78	36,1	139,5	518

Таблиця 1.5 – Порівняльна характеристика мікробіологічного біома ґрунтів

Місце відбору проби	Бактерії	Мікроміцети	Актиноміцети	Оліготрофи	Педотрофи	Азотфіксуючі (мінеральні)	Азотфіксуючі (органічні)	Олігонітрофіли	Спороутворюючі	Загальна чисельність
Ґрунт з не порушеної ділянки	38,1	96,0	3,9	13,9	24,6	18,0	36,0	21,4	1,4	157,9
Ґрунт з-під танку	30,8	30,5	0,65	11,7	9,6	9,1	25,6	10,1	2,1	100,5

Додаткову небезпеку створюють поліциклічні ароматичні вуглеводні, зокрема бензопірен, концентрації якого в окремих випадках суттєво перевищують нормативні значення.

Окремим чинником деградації є мінне забруднення територій. Невибухлі боєприпаси та міни не лише створюють безпосередню загрозу для населення, а й поступово вивільняють токсичні компоненти у ґрунтове середовище. Внаслідок мінування значні площі сільськогосподарських земель виведені з

господарського використання, що негативно впливає на продовольчу безпеку держави.

Вибухи також сприяють надходженню до навколишнього середовища сполук сірки та азоту. У подальшому вони утворюють кислотні опади, які змінюють кислотність ґрунтів, пригнічують розвиток мікроорганізмів і прискорюють деградаційні процеси. Таким чином, забруднення атмосферного повітря та ґрунтів є взаємопов'язаними наслідками воєнної діяльності.

Суттєвих втрат зазнає ґрунтова біота. Вибухи, пожежі та токсичне забруднення призводять до загибелі мікроорганізмів, грибів та безхребетних, які забезпечують кругообіг поживних речовин і підтримують родючість ґрунтів. За даними досліджень, відновлення біологічної активності ґрунтів після значних порушень може тривати від кількох до десятків років і потребує застосування спеціальних біоремедіаційних заходів [24, 26].

Загальні збитки земельним ресурсам України внаслідок воєнних дій оцінюються у десятки мільярдів доларів. Значні площі земель зазнали прямого або опосередкованого впливу бойових дій, причому істотна їх частина представлена високородючими чорноземами. У районах інтенсивних бойових дій механічне порушення ґрунтового покриву може охоплювати більшу частину території, що унеможлиблює її подальше використання без проведення розмінування та рекультивації.

Для оцінки рівня забруднення дедалі ширше застосовуються комплексні екологічні індекси, які дозволяють визначати ступінь ризику та прогнозувати поширення токсикантів за межі безпосередніх зон ураження. Досвід територій, що зазнали військових конфліктів, свідчить, що підвищені концентрації важких металів можуть зберігатися протягом 10–15 років і більше після завершення бойових дій. Відновлення таких земель потребує диференційованого підходу – від агротехнічних заходів на слабо забруднених ділянках до консервації або повної заміни ґрунту на територіях із високим рівнем забруднення [26].

Найменш дослідженим, але потенційно одним із найтриваліших наслідків війни є біологічна деградація ґрунтів. Зменшення чисельності ґрунтових

мікроорганізмів і безхребетних призводить до уповільнення процесів гумусоутворення та зниження продуктивності рослин. Дослідження на територіях, що постраждали від бойових дій, підтверджують зниження біологічної активності ґрунтів та наявність фітотоксичних ефектів. Для відновлення таких територій застосовують органічні добрива, біопрепарати та фіторе mediaцію із використанням рослин-аккумуляторів забруднювачів. Міжнародний досвід свідчить, що найбільш ефективним є комплексний підхід, який поєднує механічне очищення, хімічну стабілізацію та біоре mediaцію, однак реалізація таких заходів потребує значних фінансових ресурсів [24-26].

Таким чином, воєнні дії спричиняють комплексну деградацію ґрунтового покриву, що проявляється у механічному руйнуванні, хімічному забрудненні, втраті біологічної активності та вилученні земель із господарського використання. Відновлення ґрунтових ресурсів України потребуватиме довгострокових програм моніторингу, рекультивації та екологічної реабілітації постраждалих територій.

1.5 Вплив бойових дій на біорізноманіття та природно-заповідний фонд

Біорізноманіття та природно-заповідний фонд належать до найбільш вразливих компонентів довкілля в умовах збройних конфліктів. На відміну від матеріальних втрат, наслідки для живої природи часто проявляються через роки або десятиліття та можуть бути незворотними. Втрата окремих видів, порушення міграційних шляхів і деградація природних екосистем призводять до суттєвих екологічних та економічних збитків.

Повномасштабне вторгнення Росії завдало значної шкоди біорізноманіттю України, яка характеризується високим природним різноманіттям і поєднує лісові, лісостепові, степові, гірські та приморські екосистеми. На її території мешкають тисячі видів рослин і тварин, значна частина яких має охоронний статус.

У науковій літературі виділяють прямі та опосередковані механізми впливу воєнних дій на біорізноманіття (рис. 1.10). До прямих належать руйнування середовищ існування внаслідок вибухів, пожеж, будівництва оборонних споруд і переміщення військової техніки, а також безпосередня загибель тварин. Особливо негативно впливає шумове забруднення, яке порушує поведінку, орієнтацію та процеси розмноження багатьох видів. Для птахів це призводить до втрати гнізд і зниження успішності розмноження, а для кажанів – до порушення ехолокації [27].

	ПРЯМІ ЗАГРОЗИ	ОПОСЕРЕДКОВАНІ ЗАГРОЗИ
 Механічний вплив	Вибухи, пожежі, рух важкої техніки, окопи.	Знищення ґрунтового покриву та гідрологічного режиму.
 Біологічний вплив	Загибель тварин від уламків та баротравм.	Поширення інвазійних видів (синантропізація), втрата середовищ для ендеміків.
 Антропогенний тиск	Знищення об'єктів природно-заповідного фонду.	Сплеск браконьєрства, зупинка екологічного моніторингу.

Рисунок 1.10 – Загрози війни для біорізноманіття

Серед опосередкованих наслідків важливе місце посідає зростання браконьєрства в умовах ослаблення контролю та порушення природоохоронного менеджменту. Евакуація персоналу, скорочення фінансування та припинення моніторингу негативно позначаються на стані природоохоронних територій. Додатковою проблемою є поширення інвазійних видів, які активно заселяють деградовані ділянки після пожеж, вибухів і порушення ґрунтового покриву.

Природно-заповідний фонд України охоплює понад 8 тис. об'єктів загальною площею близько 4,5 млн га. Значна частина цих територій опинилася в зоні бойових дій або зазнала їхнього впливу. За даними Міністерства захисту

довкілля та природних ресурсів України, станом на середину 2023 року під окупацією або в зоні активних бойових дій перебували 25 національних природних парків і заповідників. Значних втрат зазнала також Смарагдова мережа, важлива для збереження рідкісних видів та оселищ [27].

Особливо показовим є приклад Чорнобильського біосферного заповідника, де після десятиліть природного відновлення сформувалися стабільні популяції багатьох рідкісних видів. Військові дії призвели до порушення природних екологічних зв'язків, пошкодження наукової інфраструктури та підняття радіоактивного пилу внаслідок руху важкої техніки.

Серйозною проблемою стали лісові пожежі, спричинені обстрілами. За оцінками природоохоронних установ, площа пошкоджених лісів та інших природних насаджень перевищила 183 тис. га. Такі пожежі поширюються швидше за природні та охоплюють значні території, завдаючи масштабної шкоди екосистемам.

Для флористичного різноманіття найбільшу небезпеку становить скорочення чисельності рідкісних та ендемічних видів рослин. Вибухи й пожежі руйнують не лише рослинний покрив, а й ґрунтовий субстрат, необхідний для відновлення популяцій. За оцінками фахівців, під загрозою зникнення перебувають десятки ендемічних видів української флори. Одночасно посилюються процеси синантропізації, коли природні рослинні угруповання поступово заміщуються бур'яновими та інвазійними видами.

Суттєвих втрат зазнає і тваринний світ. Окрім великих ссавців та птахів, негативний вплив поширюється на рибу, земноводних, плазунів та безхребетних. Показовим прикладом став підриг Каховської ГЕС, який спричинив масову загибель риби та поставив під загрозу існування сотень видів рослин і тварин, що мають охоронний статус [23].

Особливе значення має вплив воєнних дій на мігруючі види. Україна розташована на перетині важливих міжнародних міграційних шляхів птахів, тому порушення умов у ключових місцях їхньої концентрації може негативно позначатися на стані популяцій далеко за межами країни (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Порушення міграційних шляхів в наслідок бойових дій

В умовах воєнного стану природоохоронна діяльність суттєво ускладнилася через нестачу фінансування, скорочення персоналу та переорієнтацію ресурсів на оборонні потреби. Водночас зросло рекреаційне навантаження на природні території внаслідок внутрішнього переміщення населення. Додатковою проблемою стало часткове припинення екологічного моніторингу, що ускладнює оцінку змін у стані екосистем. Водночас використання дистанційного зондування Землі та вибіркового польових досліджень дозволяє отримувати необхідну інформацію для оцінки масштабів екологічних втрат.

Таким чином, воєнні дії спричиняють комплексний негативний вплив на біорізноманіття та природно-заповідний фонд України, що проявляється у руйнуванні середовищ існування, скороченні чисельності видів, деградації природних екосистем та ослабленні природоохоронної діяльності. Наслідки цих процесів матимуть довготривалий характер і вимагатимуть масштабних заходів із відновлення та збереження природних комплексів.

РОЗДІЛ 2. ПОТОЧНИЙ СТАН ДОВКІЛЛЯ НА ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Соціально-економічна характеристика

Вінницька область є одним із найбільших регіонів Правобережної України, розташованим у центральній частині країни в межах Подільської та Придніпровської височин. Область належить до лісостепової зони та межує з сімома областями України і Республікою Молдова. Її відносно тилове розташування щодо зони активних бойових дій визначає специфіку екологічних викликів в умовах повномасштабної війни. Площа області становить 26,5 тис. км², або 4,4 % території України. Після адміністративної реформи 2020 року до її складу входять шість районів: Вінницький, Гайсинський, Жмеринський, Могилів-Подільський, Тульчинський та Хмільницький, які об'єднують 63 територіальні громади. Обласним центром є місто Вінниця – найбільший промисловий, культурний і науковий осередок регіону [28].

Станом на початок 2022 року чисельність населення області становила 1,53 млн осіб, з яких майже порівну проживали в міській та сільській місцевості. Після початку повномасштабного вторгнення область прийняла значну кількість внутрішньо переміщених осіб, що збільшило навантаження на соціальну інфраструктуру. До складу області входять 18 міст, 29 селищ міського типу та понад 1400 сільських населених пунктів. Найбільшими містами після Вінниці є Жмеринка, Хмільник, Могилів-Подільський, Козятин і Ладижин.

Вінниччина належить до провідних аграрно-промислових регіонів України та традиційно займає лідируючі позиції за обсягами виробництва сільськогосподарської продукції. Розвитку аграрного сектору сприяють сприятливі природно-кліматичні умови та поширення високородючих чорноземів. Область є одним із провідних виробників цукрових буряків, зернових культур, молока та м'яса, демонструючи високий рівень стійкості аграрного виробництва навіть в умовах воєнного часу [28].

Промисловість регіону представлена переважно підприємствами харчової та переробної галузей, тісно пов'язаними з агропромисловим комплексом. Важливе місце займають підприємства кондитерської, молочної, цукрової та м'ясопереробної промисловості. Також розвинуті машинобудування, фармацевтична галузь та ІТ-сектор, які концентруються переважно у Вінниці.

Транспортна система області включає розгалужену мережу автомобільних доріг і залізниць, що забезпечують сполучення між західними та східними регіонами України. Завдяки цьому під час війни Вінниччина стала важливим логістичним центром для переміщення гуманітарних вантажів і релокованих підприємств. У межах державної програми релокації до області було переміщено понад 40 підприємств із регіонів, наближених до зони бойових дій. Приплив населення та виробничих потужностей сприяв підтриманню економічної активності, але водночас посилив антропогенне навантаження на довкілля. Зросли обсяги споживання природних ресурсів, утворення відходів та викидів забруднювальних речовин, що необхідно враховувати під час оцінки змін стану навколишнього середовища у 2018–2025 роках. Важливою складовою розвитку регіону є його освітній і науковий потенціал, представлений провідними закладами вищої освіти, зокрема технічним, медичним та аграрним університетами. Це створює передумови для проведення досліджень у сфері екології та оцінки наслідків воєнного впливу на довкілля.

Отже, Вінницька область є економічно розвинутим аграрно-промисловим регіоном зі стратегічним тилowym положенням. Особливості її господарського комплексу, транспортної мережі та системи розселення формують специфічний характер антропогенного навантаження і визначають умови дослідження екологічних наслідків воєнних дій [28].

2.2 Кліматична характеристика

Клімат Вінницької області формується під впливом географічного положення в межах помірного кліматичного поясу, циркуляції атмосферних

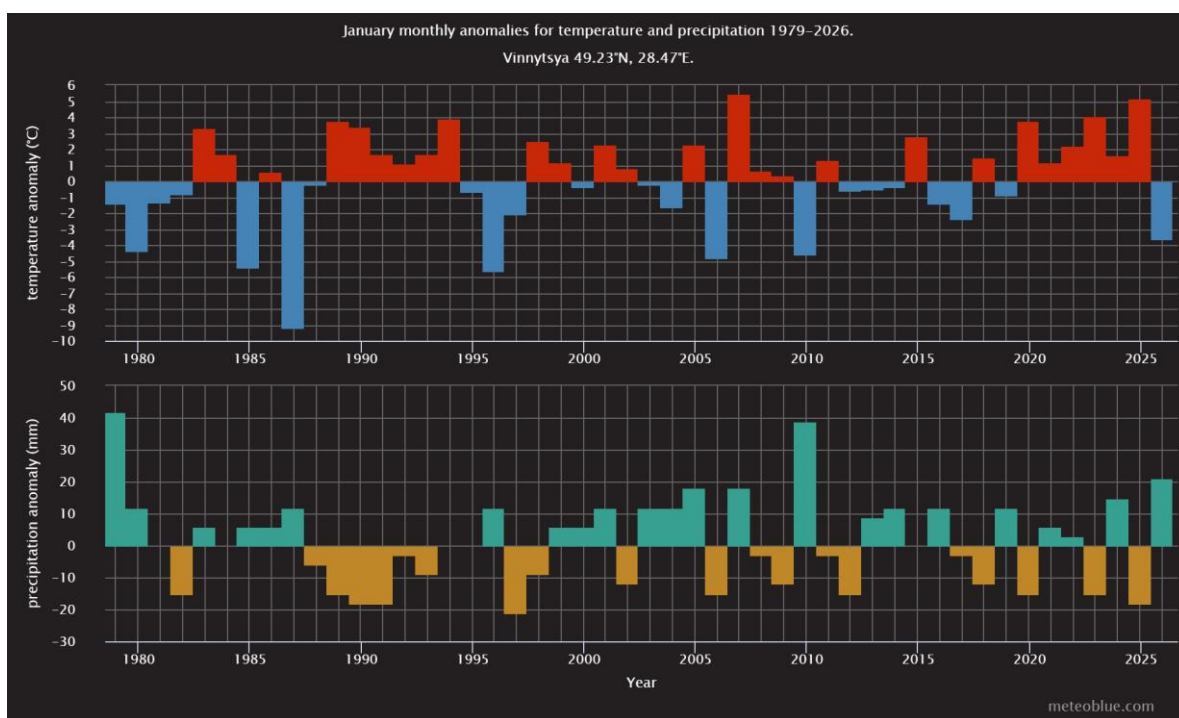
мас та особливостей підстилаючої поверхні. Регіон розташований у лісостеповій зоні Правобережної України, що зумовлює помірно-континентальний характер клімату з м'якою зимою, теплим вологим літом і вираженою сезонною мінливістю погодних умов.

Визначальну роль у формуванні клімату відіграють повітряні маси атлантичного походження, які приносять вологу та пом'якшують температурний режим. Узимку можливі вторгнення арктичного повітря, що спричиняє різкі похолодання, а влітку надходження сухих континентальних мас із південного сходу може викликати посушливі явища.

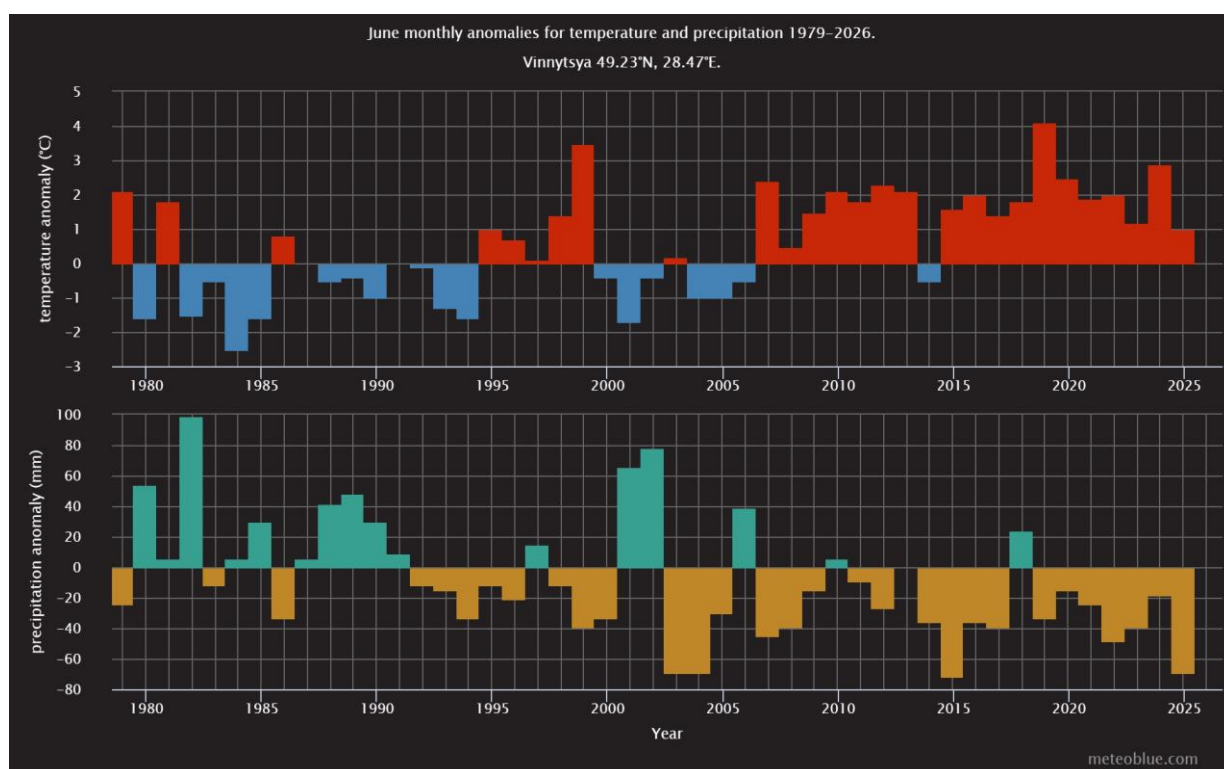
Середньорічна температура повітря в області становить $+6,5...+8,0$ °С. Найхолоднішим місяцем є січень із середніми температурами від -4 до -6 °С, а найтеплішим – липень із середньою температурою $+18,6...+20,5$ °С. Тривалість безморозного періоду сягає 160–175 днів, а вегетаційний період із температурами понад $+10$ °С триває близько 200 днів. Сума активних температур становить приблизно 2700 °С, що створює сприятливі умови для вирощування зернових, технічних та кормових культур.

Річна кількість опадів коливається від 480–520 мм у південно-східній частині області до 550–590 мм у західних районах. Близько 70 % опадів випадає у теплий період року. Середня багаторічна норма становить близько 602 мм, а середній показник за 2011–2022 роки – 595 мм. Сніговий покрив нестійкий, формується переважно в грудні–січні та зберігається в середньому 40–50 днів. Середня глибина промерзання ґрунту становить 30–60 см (рис 2.1).

Відносна вологість повітря в середньому перебуває в межах 65–75 %. У посушливі роки в окремих районах вона може знижуватися до 30 %, що сприяє виникненню суховіїв. Вітровий режим характеризується переважанням західних і південно-західних вітрів із середньою швидкістю 3–5 м/с. У холодний період року поширеними несприятливими явищами є ожеледь, хуртовини та тумани.



а



б

а – показники фіксовані у січні, б – показники фіксовані у червні

Рисунок 2.1 – Динаміка температурних аномалій та опадів у м. Вінниця

Останніми десятиліттями в регіоні простежуються ознаки кліматичних змін. У 2011–2022 роках середньорічна температура стабільно перевищувала

кліматичну норму на 0,8–2,7 °С. Найтеплішим був 2020 рік із середньорічною температурою 9,8 °С, тоді як найпосушливішим став 2015 рік, коли випало лише 440 мм опадів. Ці тенденції свідчать про регіональні прояви глобального потепління та впливають на водний режим, ґрунтовий покрив і функціонування екосистем.

Кліматичні умови 2018 і 2023 років, що використовуються для порівняльного аналізу, також мали суттєві відмінності. 2018 рік характеризувався підвищеною кількістю опадів (622 мм) та теплими погодними умовами, тоді як 2023 рік відзначався аномально теплою зимою та нерівномірним розподілом опадів. Такі відмінності необхідно враховувати під час оцінки змін стану довкілля.

Загалом клімат Вінницької області є сприятливим для розвитку природних комплексів і ведення сільського господарства. Водночас посилення кліматичної мінливості, збільшення частоти посух, хвиль спеки та інтенсивних опадів підвищують ризики деградації довкілля, особливо в умовах додаткового техногенного навантаження, пов'язаного з воєнними подіями [28, 29].

2.3 Характеристика ландшафту

Вінницька область розташована в центральній частині Правобережної України та в геоморфологічному відношенні належить переважно до Подільської височини. Рельєф території представлений хвилястою підвищеною рівниною з абсолютними висотами 240–360 м над рівнем моря. У долинах Південного Бугу та його приток рельєф більш розчленований, що сприяє активному поверхневому стоку та прискорює міграцію забруднювальних речовин до водних об'єктів.

Геологічну основу території становлять докембрійські кристалічні породи Українського щита – граніти, гнейси та кристалічні сланці, які місцями виходять на поверхню. Вище залягають осадові та четвертинні відклади. Така будова зумовлює відносно близьке залягання ґрунтових вод (5–15 м), що підвищує ризик проникнення забруднювачів у підземні водоносні горизонти.

У ландшафтному відношенні область поділяється на три основні природні райони. Північна частина належить до Вінницького Полісся з характерними заболоченими територіями та дерново-підзолистими ґрунтами. Центральна частина представлена типовими лісостеповими ландшафтами з розвиненою балочно-яружною мережею та чорноземними ґрунтами. Південь області є перехідною зоною до степу. Така різноманітність визначає неоднакову стійкість екосистем до антропогенних впливів.

Річкові долини, балки та яри формують складний рельєф території, а глибина його розчленування місцями досягає 100–120 м. Це сприяє розвитку ерозійних процесів і впливає на поширення забруднень. У воєнний час балки та пониження можуть накопичувати токсичні речовини, які згодом змиваються у водотоки під час інтенсивних опадів.

Ґрунтовий покрив області представлений переважно високородючими чорноземами, які сформувалися на вододілах. На схилах поширені еродовані чорноземи та сірі лісові ґрунти. Високий вміст гумусу (3,5–6,5 %) зумовлює здатність ґрунтів акумулювати важкі метали та інші забруднювачі, що можуть зберігатися впродовж тривалого часу.

Клімат регіону помірно-континентальний із достатнім зволоженням. Середня температура січня становить від $-5,5$ до $-6,5$ °C, липня – $+18,5...+19,5$ °C. Річна кількість опадів коливається в межах 550–620 мм, а вегетаційний період триває близько 200–210 днів. Переважають західні та північно-західні вітри, які впливають на перенесення атмосферних забруднювачів.

Гідрографічна мережа належить до басейнів Південного Бугу та Дніпра. Головною водною артерією є Південний Буг, що перетинає область із північного заходу на південний схід. Більшість річок мають невелику швидкість течії, що сприяє накопиченню у донних відкладах важких металів, нафтопродуктів та інших забруднювачів. Значна частина малих річок уже зазнала деградації внаслідок тривалого сільськогосподарського освоєння території.

Біотичне різноманіття представлене типовими лісостеповими екосистемами. Ліси займають близько 13–14 % території та виконують важливі водоохоронні й протиерозійні функції. Переважають дубово-грабові та мішані ліси з участю ясена, клена, липи й сосни. Через високу розораність території природні оселища значною мірою фрагментовані, що знижує стійкість екосистем до зовнішніх впливів.

Важливою особливістю області є високий рівень сільськогосподарського освоєння: розораність території становить близько 70–72 %. Унаслідок цього природні механізми захисту від ерозії та забруднення були значною мірою послаблені ще до початку повномасштабної війни. Це підвищує вразливість ландшафтів до забруднення нафтопродуктами, важкими металами та механічного порушення поверхні.

Отже, поєднання розчленованого рельєфу, поширення чорноземів, розвиненої річкової мережі, близького залягання ґрунтових вод і високої господарської освоєності території створює умови для активної міграції та тривалого накопичення забруднювачів. Саме тому природні комплекси Вінниччини залишаються вразливими до екологічних наслідків воєнних дій та техногенних впливів [28, 29].

2.4 Гідрологічні ресурси Вінницької області

Водні ресурси Вінницької області представлені річками, підземними водами та штучними водоймами. Гідрологічна мережа регіону є відносно розвиненою, однак розподілена нерівномірно: найбільш забезпеченими поверхневими водами є північні та центральні райони, тоді як південна частина області характеризується недостатнім зволоженням і підвищеною випаровуваністю.

Основною водною артерією області є річка Південний Буг, яка перетинає регіон у верхній та середній течії. Саме вона та її численні притоки формують основу річкової мережі Вінниччини. Найбільшими лівими притоками є Згар, Рів, Соб і Ятрань, правими – Удич, Дохна та Мурафа. Малі притоки часто

міліють або пересихають у посушливий період, що підвищує ризики вододефіциту. Північна частина області належить до басейну Дніпра, де важливе значення для водозабезпечення мають річки Случ і Рось.

Гідрологічний режим річок є типовим для лісостепової зони Правобережної України. Основна частина річного стоку формується навесні за рахунок снігового живлення. Весняні повені супроводжуються підняттям рівня води та можуть спричиняти підтоплення прилеглих територій. У літньо-осінній період водність значною мірою залежить від кількості атмосферних опадів, а взимку річки живляться переважно підземними водами та вкриваються льодоставом.

Важливу роль у водогосподарському комплексі області відіграють штучні водойми. На території регіону налічується понад 2,4 тис. ставків і близько 140 водосховищ. Найбільшим є Ладижинське водосховище на Південному Бузі, яке використовується для технічного водопостачання, рибництва та регулювання водного режиму. Разом із тим частина ставків зазнає замулення та втрати якості води через недосконале управління.

Підземні води є стратегічним джерелом водопостачання, особливо для сільських населених пунктів. Основними водоносними горизонтами виступають тріщинуваті води кристалічних порід, тріщинно-карстові води карбонатних відкладів та алювіальні води річкових долин. Якість підземних вод переважно відповідає питним потребам, хоча в окремих районах спостерігається підвищений вміст заліза, марганцю та жорсткість води. Основними проблемами залишаються нерівномірність розміщення продуктивних водозаборів і зношеність водопровідної інфраструктури.

До початку повномасштабної війни водні ресурси області вже перебували під значним антропогенним впливом. Основними джерелами забруднення були комунальні стічні води, недостатньо очищені скиди агропромислових підприємств та дифузне забруднення із сільськогосподарських угідь. Додатковим чинником погіршення якості води залишався незадовільний стан очисних споруд. У 2018 році більшість малих річок оцінювалися як задовільні

або помірно забруднені, а найбільш проблемні ділянки були приурочені до великих населених пунктів, де фіксувалися перевищення нормативів за показниками органічного та біогенного забруднення [28, 29].

В умовах війни вразливість водних ресурсів суттєво зросла. Основними ризиками є пошкодження промислових об'єктів і складів пального, аварії на очисних спорудах, руйнування каналізаційних мереж та порушення роботи насосних станцій. Особливу небезпеку становлять ракетні удари по об'єктах критичної інфраструктури, які можуть спричиняти потрапляння забруднювачів у поверхневі та підземні води. Через невисокі швидкості течії більшості річок забруднювальні речовини здатні накопичуватися в донних відкладах, формуючи осередки тривалого вторинного забруднення. Враховуючи значний рівень деградації малих річок ще до війни, додаткове воєнне навантаження створює ризик подальшого погіршення стану водних екосистем.

2.5 Ґрунтові ресурси Вінницької області

Ґрунтовий покрив Вінницької області сформувався під впливом кліматичних, геоморфологічних і біотичних чинників. Розташування регіону в межах лісостепової зони з частковим переходом до Полісся зумовило поширення різноманітних типів ґрунтів, серед яких домінують чорноземи та сірі лісові ґрунти.

Площа сільськогосподарських угідь області становить близько 1,8 млн га, з яких понад 1,5 млн га займає рілля. Рівень розораності території досягає 72–74%, що істотно послаблює природну стійкість ландшафтів до деградаційних процесів і забруднення [28, 29].

Найбільш поширеними та цінними є чорноземи типові, вилугувані та опідзолені, які займають близько 55–60% орних земель. Вони характеризуються потужним гумусовим горизонтом, високим вмістом гумусу та сприятливими агрофізичними властивостями. У північних районах переважають сірі лісові ґрунти, що є перехідними між чорноземами лісостепу та дерново-підзолистими ґрунтами Полісся. На крайній півночі області поширені дерново-підзолисті

грунти з низьким вмістом гумусу та підвищеною кислотністю, які потребують систематичного агрохімічного поліпшення.

У заплавах Південного Бугу та його приток сформувалися лучні й лучно-болотні ґрунти, що виникли в умовах надмірного зволоження. Вони відзначаються значним вмістом органічної речовини та виконують важливі екологічні функції, зокрема беруть участь у природному очищенні та регулюванні водного режиму [28, 29].

Станом на 2018 рік агрохімічні дослідження засвідчили низку негативних тенденцій у стані ґрунтового покриву. Спостерігалось поступове зниження вмісту гумусу порівняно з показниками 1980-х років, що пов'язано зі скороченням внесення органічних добрив, змінами структури посівів та розвитком ерозійних процесів. Водночас 35–45% орних земель були різною мірою еродованими. У деяких районах фіксувалося локальне забруднення ґрунтів залишками пестицидів і нітратів, спричинене інтенсивним застосуванням агрохімікатів.

Разом із тим до початку повномасштабної війни ґрунти області загалом не характеризувалися критичним техногенним забрудненням. Концентрації свинцю, кадмію, цинку та міді на більшості сільськогосподарських угідь не перевищували встановлених нормативів, що створює надійну базу для оцінки подальших змін у воєнний період.

Воєнні дії становлять додаткову загрозу для ґрунтового покриву навіть у регіонах, віддалених від лінії фронту. Ракетні удари по промислових об'єктах і нафтобазах можуть спричиняти локальне забруднення ґрунтів нафтопродуктами та токсичними речовинами. Вибухи боєприпасів супроводжуються надходженням у ґрунт продуктів детонації, важких металів і залишків вибухових речовин, а уламки ракет та снарядів формують осередки підвищених концентрацій свинцю, міді, хрому та нікелю [28, 29].

Для Вінниччини, де переважають високородючі чорноземи та розвинене сільськогосподарське виробництво, техногенне забруднення ґрунтів становить не лише екологічну, а й економічну загрозу. Воно може призводити до

обмеження використання земель для вирощування безпечної продукції та потребувати проведення тривалих і вартісних рекультиваційних заходів.

2.6 Біоресурси Вінницької області

Біоресурси Вінницької області представлені рослинним і тваринним світом, лісовими угіддями, природно-заповідним фондом та водно-біологічними ресурсами. Завдяки розташуванню на межі Полісся та лісостепу регіон характеризується значним біологічним різноманіттям, незважаючи на високий рівень господарського освоєння території.

Лісовий фонд області становить близько 650 тис. га, а лісистість сягає 13–14%. Найбільші лісові масиви зосереджені в північній частині регіону та в долинах великих річок, де виконують водоохоронні та протиерозійні функції. У породному складі переважають дубові та соснові насадження, а також грабові, ясеневі, березові й вільхові ліси. У заплавах річок поширені вербово-тополеві та вільхові угруповання, що мають важливе значення для збереження водно-болотних екосистем [28, 29].

Флора області налічує близько 1700 видів судинних рослин. Природна рослинність представлена типовими лісостеповими видами дерев, чагарників і трав'янистих рослин. На території області трапляються рідкісні види, занесені до Червоної книги України, зокрема сон лучний, підсніжник звичайний, рябчик малий та окремі види орхідних.

Тваринний світ є досить різноманітним, хоча зазнав значних змін під впливом господарської діяльності. Фауна ссавців включає близько 60 видів, серед яких козуля, дикий кабан, лось, благородний олень, лисиця, борсук, куниця та видра. Орнітофауна налічує понад 250 видів птахів, у тому числі низку рідкісних видів, занесених до Червоної книги України. Іхтіофауна річок і водойм представлена щукою, окунем, лящем, судаком, сомом та іншими видами, а в басейні Південного Бугу зустрічається червонокнижна мінога українська [28, 29].

Станом на 2018 рік природно-заповідний фонд області охоплював 178 об'єктів загальною площею близько 171 тис. га, що становило майже 9% території регіону. До його складу входять регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища та інші природоохоронні території. Водночас частина об'єктів потребувала покращення системи управління та належного фінансування.

Водно-біологічні ресурси пов'язані з розвиненою мережею ставків і водосховищ, загальна площа яких перевищує 25 тис. га. Ставкове рибництво є важливою складовою господарства області, а природні популяції риб до початку повномасштабної війни зазнавали переважно помірного антропогенного впливу, пов'язаного із забрудненням водойм та надходженням агрохімікатів із сільськогосподарських угідь.

У цілому біоресурси Вінниччини у 2018 році перебували у задовільному стані, хоча спостерігалися негативні тенденції, зокрема скорочення площ природних луків і пасовищ, зменшення чисельності окремих видів мисливської фауни та погіршення стану водних екосистем малих річок унаслідок евтрофування. Ці процеси створили передумови для подальшого посилення екологічних проблем у воєнний період [28, 29].

Воєнні дії негативно впливають на біоресурси через руйнування природних оселищ, пожежі, забруднення ґрунтів і водойм, а також шумовий та вібраційний вплив вибухів. Наслідком є порушення кормових ланцюгів, умов розмноження та міграційних процесів тварин. Особливо вразливими залишаються долинні та заплавні екосистеми, де навіть локальне забруднення водотоків може поширюватися на значні території та негативно впливати на стан природних оселищ.

РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ, ЩО ВИНИКЛИ НА ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ПІД ВПЛИВОМ ВІЙНИ

3.1 Стан атмосферного повітря

Оцінка стану атмосферного повітря Вінницької області в умовах повномасштабної війни вимагає врахування кількох принципово різних за своєю природою чинників забруднення – прямих викидів від ракетних ударів і пожеж, транскордонного перенесення забруднювачів із сусідніх областей та змін у структурі антропогенного навантаження на атмосферу, пов'язаних із вимушеним переміщенням населення і трансформацією виробничої діяльності регіону.

Вінниччина, попри відсутність безпосередніх наземних бойових дій, опинилась у зоні ракетних ударів уже в перші місяці повномасштабної війни. Удари по об'єктах військової інфраструктури та аеродромах, що відбувались протягом 2022–2025 років, супроводжувались значними пожежами та викидами продуктів горіння. Зокрема, ракетний удар по Вінниці у липні 2022 року, що забрав життя десятків людей, призвів до руйнування інфраструктурних об'єктів і масштабної пожежі в центральній частині міста. Продукти неповного згоряння – монооксид вуглецю, поліциклічні ароматичні вуглеводні, зважені частинки $PM_{2.5}$ та PM_{10} – у момент пожежі формували локальні зони підвищеного забруднення, що становили реальну небезпеку для здоров'я мешканців прилеглих кварталів [28, 29].

Окремо слід розглядати пряме забруднення атмосфери внаслідок руйнування об'єктів паливно-енергетичної інфраструктури. Ракетні удари по нафтобазах та складах пального, що фіксувались на Вінниччині протягом 2022–2025 років, спричиняли пожежі нафтопродуктів із характерним чорним димом, насиченим сажею, бензопіреном, діоксинами та фуранами. Ці сполуки належать до першого класу небезпеки і навіть у незначних концентраціях здатні спричиняти мутагенний та канцерогенний вплив на живі організми. За даними досліджень, проведених у зонах подібних промислових пожеж в інших країнах,

концентрація бензопірену в атмосферному повітрі в радіусі до 5 км від осередку пожежі може перевищувати гранично допустиму концентрацію в десятки разів.

Важливим чинником, що ускладнює екологічну ситуацію в регіоні, є транскордонне перенесення атмосферних забруднювачів із сусідніх областей. Вінницька область розташована в центральній частині країни і є своєрідним реципієнтом аерозольного забруднення з Київської, Черкаської та інших областей, де інтенсивність ракетних ударів і пожеж була значно вищою. Для Вінницької області це означає, що навіть за відсутності безпосередніх ударів по промислових об'єктах регіону, забруднювачі з сусідніх областей можуть надходити у місцеву атмосферу з переважаючими вітрами. Особливо це стосується весняно-літнього та осіннього сезонів, коли мезомасштабна циркуляція атмосфери сприяє інтенсивному перенесенню аерозолів у центральні райони країни. Дослідження якості повітря в Україні, проведені у перші місяці після початку повномасштабного вторгнення групою науковців під керівництвом Zalakeviciute R. (2022), зафіксували суттєве підвищення концентрації дрібнодисперсних частинок $PM_{2.5}$ на значній відстані від безпосередніх зон бойових дій, що підтверджує реальність цього механізму забруднення.

Суттєвий вплив на якість атмосферного повітря мали також зміни в структурі антропогенного навантаження, пов'язані з масовим переміщенням населення. Значний приплив внутрішньо переміщених осіб у 2022 році суттєво збільшив навантаження на комунальну інфраструктуру та транспортну мережу Вінниці й районних центрів. Збільшення інтенсивності автомобільного руху, зростання споживання твердого палива для опалення у домогосподарствах, що втратили централізоване теплопостачання через перебої з електроенергією, – все це призвело до зростання викидів від автотранспорту та приватного опалення у 2022–2025 роках порівняно з довоєнним 2018 роком. Особливо відчутним було збільшення концентрації твердих частинок і продуктів неповного згоряння вугілля та дров у холодний сезон 2022–2025 років, коли

перебої в електропостачанні змушували населення переходити на альтернативні джерела тепла.

Масовані ракетні обстріли об'єктів енергетичної інфраструктури, що розпочалися восени 2022 року, мали неоднозначний вплив на загальний рівень промислових викидів у регіоні. З одного боку, зупинка або скорочення виробництва на промислових підприємствах через перебої в електропостачанні та відтік кваліфікованого персоналу призвела до зниження промислових викидів від стаціонарних джерел. З іншого боку, використання резервних дизельних генераторів промисловими підприємствами, лікарнями, об'єктами критичної інфраструктури стало новим джерелом викидів оксидів азоту та дрібнодисперсних частинок, яке у довоєнний 2018 рік практично було відсутнє. За експертними оцінками, лише у Вінниці кількість дизельних генераторів, що використовувались у 2022–2025 роках, зросла в десятки разів порівняно з довоєнним рівнем [28, 29].

Застосування ГІС-технологій та даних дистанційного зондування Землі для моніторингу якості атмосферного повітря Вінницької області дозволяє об'єктивно простежити просторово-часову динаміку забруднення. Для Вінницької області, яка не є зоною активних бойових дій, але зазнала багаторазових ракетних ударів по об'єктах енергетики, транспортної інфраструктури та складах пального, такі методи стають основним джерелом об'єктивної просторової інформації. Зіставлення супутникових даних про рівень забруднення атмосфери у 2018 та 2023 роках дає змогу провести кількісне порівняння, мінімізуючи вплив суб'єктивних чинників і неповноти наземних спостережень, характерної для умов воєнного часу.

Таким чином, оцінка впливу воєнних дій на атмосферне повітря Вінницької області вимагає комплексного підходу, що поєднує аналіз прямих викидів від ракетних ударів і пожеж, дифузного забруднення від сусідніх регіонів та змін у структурі антропогенного навантаження на атмосферу. Порівняльний аналіз показників 2018 та 2023 років свідчить про погіршення якості атмосферного повітря регіону за рядом показників, хоча і не настільки

критичне, як у прифронтових областях. Найбільш значущими змінами є епізодичне різке підвищення концентрацій специфічних забруднювачів у моменти ракетних ударів і пожеж, а також фонове зростання рівня дрібнодисперсного пилу та продуктів неповного згоряння органічного палива протягом усього досліджуваного періоду.

3.2 Стан водних об'єктів

Водні об'єкти Вінницької області у 2022–2025 роках зазнали специфічного навантаження, що принципово відрізняється від ситуації 2018 року. Якщо у довоєнний період основними чинниками погіршення якості поверхневих і підземних вод були сільськогосподарський стік із вмістом нітратів і пестицидів, скиди з недостатньо очищеними комунальними стічними водами та дифузне забруднення від тваринницьких комплексів, то з початком повномасштабного вторгнення до цих хронічних проблем додалися принципово нові – пов'язані з руйнуванням водогосподарської інфраструктури, змінами у системі водокористування та локальним хімічним забрудненням внаслідок ракетних ударів.

Головною водною артерією Вінниччини є річка Південний Буг, що перетинає область із північного заходу на південний схід на протяжності понад 350 км. Саме її стан є найбільш репрезентативним індикатором загального екологічного благополуччя водного середовища регіону. За даними стаціонарного моніторингу 2018 року, якість води у Південному Бузі у більшості контрольних пунктів відповідала II–III класу за Екологічною класифікацією якості поверхневих вод України, тобто характеризувалась як «добра» або «задовільна». Перевищення нормативів фіксувалося переважно за показниками азоту амонійного, фосфатів і нафтопродуктів у нижній течії, що є типовою картиною для річок, що протікають через інтенсивно освоєні аграрні регіони (табл. 3.1) [30].

Таблиця 3.1 – Гідрохімічні показники за даними державного моніторингу 2019р. пост: р. Південний Буг, 652 км, м. Хмільник, питний в/з, вище міста

Дата	Показники						
	Амоній-іони, мг/дм ³	Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мгО ₂ /дм ³	Завислі (суспендовані) речовини, мг/дм ³	Нітрат-іони, мг/дм ³	Нітрит-іони, мг/дм ³	Сульфат-іони, мг/дм ³	Фосфат-іони (поліфосфати), мг/дм ³
23.01.2019	1,900	5,800	4,000	3,330	0,064	17,700	1,090
19.02.2019	3,600	7,200	11,000	3,000	0,140	36,100	1,400
21.03.2019	0,500	7,800	9,000	3,500	0,080	36,600	0,210
16.04.2019	0,260	4,100	6,000	0,000	0,072	45,500	0,220
20.05.2019	0,420	6,800	10,000	4,560	0,330	35,100	0,950
12.06.2019	0,500	8,000	10,000	3,160	0,950	40,700	0,950
10.07.2019	0,330	4,100	19,000	0,400	0,075	33,000	1,120
07.08.2019	0,300	5,000	12,000	0,280	0,047	21,500	0,120
11.09.2019	0,210	4,800	17,000	0,000	0,010	20,300	0,400
23.10.2019	0,320	5,600	14,000	0,810	0,017	23,070	0,120
12.11.2019	0,220	5,000	9,000	2,800	0,060	19,900	0,250
10.12.2019	0,530	5,000	7,000	1,400	0,083	14,600	0,180

У 2022–2025 роках ситуація з якістю поверхневих вод ускладнилась одразу з кількох причин, що діяли паралельно і накладались одна на одну. По-перше, ракетний удар по об'єктах у місті Вінниця у липні 2022 року та систематичні удари по енергетичній і виробничій інфраструктурі впродовж наступних місяців призвели до тривалих і непередбачуваних відключень електроенергії, які безпосередньо вплинули на роботу каналізаційних насосних станцій і очисних споруд. Сама по собі залежність систем водовідведення від безперебійного електропостачання є давно відомою вразливістю комунальної

інфраструктури, однак у мирний час ця залежність компенсується резервними генераторами і плановими відключеннями нетривалої тривалості. В умовах масованих ракетних обстрілів осені–зими 2022–2025 років, коли відключення тривали по 8–16 і більше годин на добу, резервних потужностей очисних підприємств виявлялося недостатньо для підтримання безперервного технологічного процесу.

Коли каналізаційна насосна станція зупиняється навіть на кілька годин, стічні води починають підпирати мережу і в кінцевому підсумку надходити безпосередньо у найближчий водотік через аварійні переливи або переповнення оглядових колодязів. При цьому у водойму скидаються сирі господарсько-побутові стічні води з концентраціями завислих речовин у 200–400 мг/л, БСК₅ – 150–250 мг/л, азоту амонійного – 15–30 мг/л, що перевищують нормативи очищеного стоку у 10–30 разів. Для річок із відносно невеликим витратою води – а більшість приток Південного Бугу є саме такими – навіть короточасний аварійний скид може суттєво погіршити кисневий режим водойми на кількакілометровій ділянці нижче місця скиду. За оцінками регіонального підрозділу Державного агентства водних ресурсів, протягом 2022 року у Вінницькій області було зафіксовано щонайменше 12 подібних аварійних епізодів, пов'язаних із перебоями в електропостачанні комунальних очисних споруд (табл. 3.2) [30].

Кожен такий епізод залишає характерний гідрохімічний «слід» – різке підвищення вмісту органічних речовин і біогенних елементів, падіння розчиненого кисню нижче 4 мг/л і, як наслідок, замор дрібної риби та безхребетних на ділянці нижче скиду. Показово, що відновлення кисневого режиму після такого забруднення займає від кількох діб до двох тижнів залежно від витрати річки, температури води і часу року. При повторних аварійних скидах, що траплялись протягом одного вегетаційного сезону, екологічний стан окремих малих річок практично не встигав відновлюватись між епізодами, що формувало хронічне депресивне навантаження на водну біоту.

Таблиця 3.2 – Гідрохімічні показники за даними державного моніторингу 2022р. пост: р. Південний Буг, 652 км, м. Хмільник, питний в/з, вище міста

Дата	Показники						
	Амоній-іони, мг/дм ³	Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мгО ₂ /дм ³	Завислі (суспендовані) речовини, мг/дм ³	Нітрат-іони, мг/дм ³	Нітриг-іони, мг/дм ³	Сульфат-іони, мг/дм ³	Фосфат-іони (поліфосфати), мг/дм ³
08.02.2022	3,060	6,000	13,000	2,950	0,100	47,300	0,940
30.03.2022	0,320	5,000	11,000	1,560	0,059	34,000	0,033
11.04.2022	0,330	9,100	11,000	1,280	0,061	35,500	0,120
12.05.2022	0,170	6,800	9,000	1,600	0,147	30,100	0,670
09.06.2022	0,620	11,500	18,000	1,390	0,072	27,000	1,220
07.07.2022	0,890	12,300	11,000	0,940	0,110	30,090	0,350
04.08.2022	1,320	13,300	25,000	0,740	0,084	28,000	2,070
03.10.2022	0,430	7,700	13,000	3,300	0,080	23,100	0,490
01.11.2022	0,250	6,200	12,000	0,000	0,065	21,900	0,110
07.12.2022	0,150	5,200	7,000	1,970	0,149	22,200	0,300

Задля більшої наочності під час обробки великого масив даних використовуються комплексні інтегровані показники. Одним з таких показників, що найчастіше використовується для оцінки екологічного стану поверхневих природних вод є гідрохімічний індекс забрудненості води (ІЗВ). Цей індекс представляє собою узагальнену оцінку якості води за сукупністю основних гідрохімічних показників. ІЗВ є середнім значення перевищення ГДК по лімітуючому числі індивідуальних показників [31].

В дипломній роботі були проведені розрахунки ІЗВ для різних річкових систем Вінницької області і було зроблено порівняльну характеристику стану гідросфери у довоєнний та поточний стан водойм (рис. 3.1 – 3.4). Дані, що були

використані для даного аналізу отримані з відкритих джерел Державної агенції водних ресурсів України [30], а обробка даних приведена у додатку.

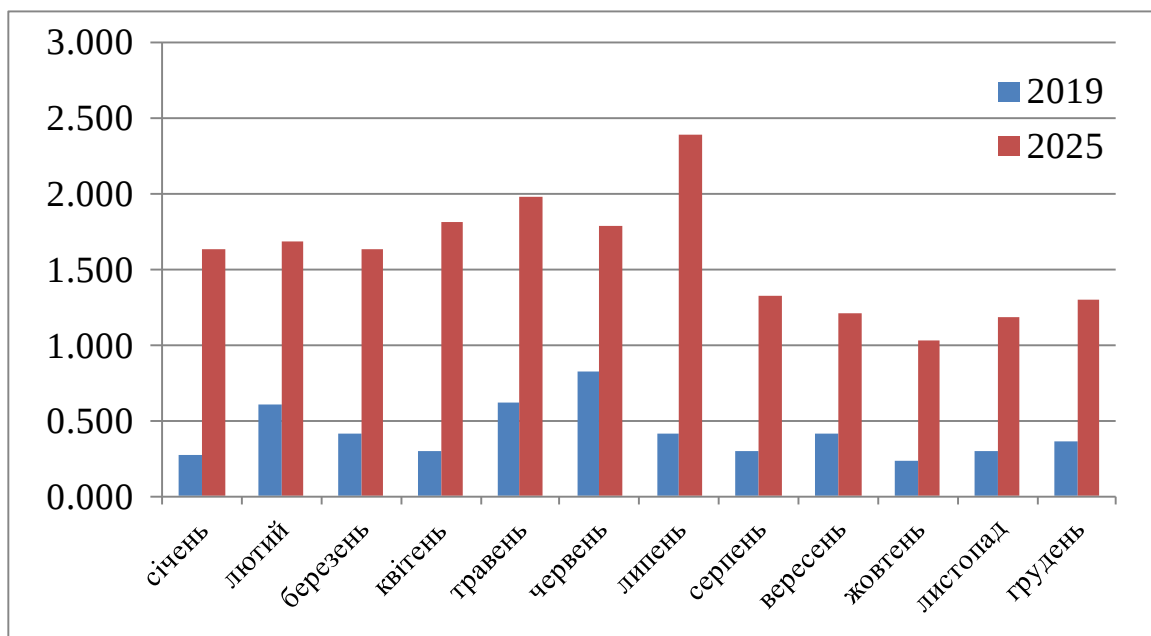


Рисунок 3.1 – Динаміка ІЗВ на посту: р. Південний Буг, 582 км, м. Вінниця, Сабарівське вдсх, питний в/з міста

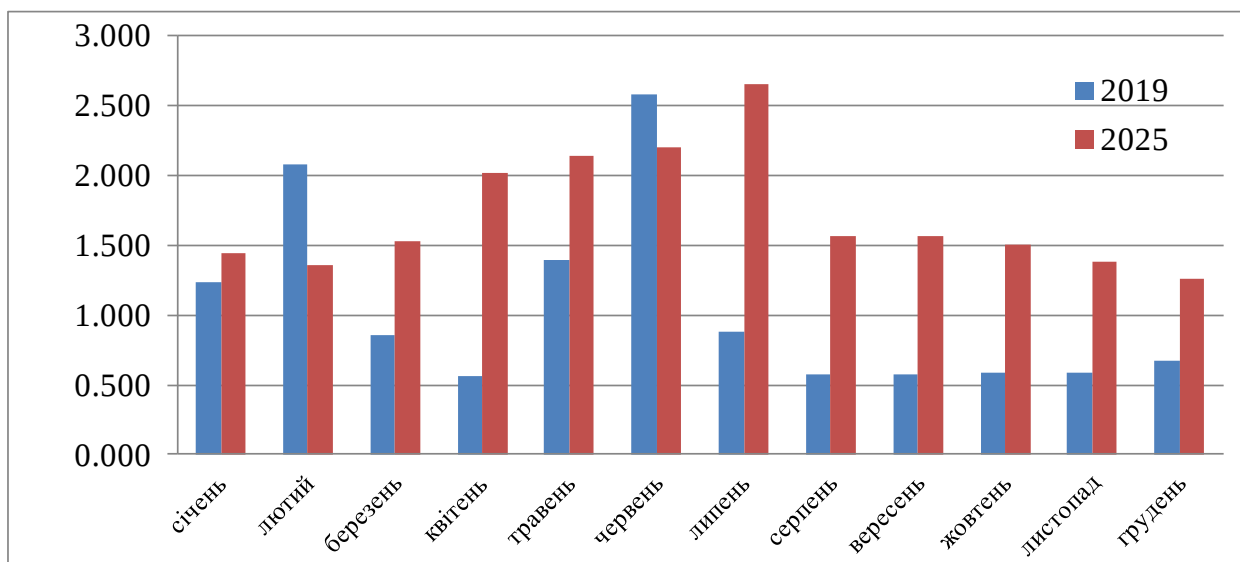


Рисунок 3.2 – Динаміка ІЗВ на посту: р. Південний Буг, 652 км, м. Хмільник, питний в/з, вище міста

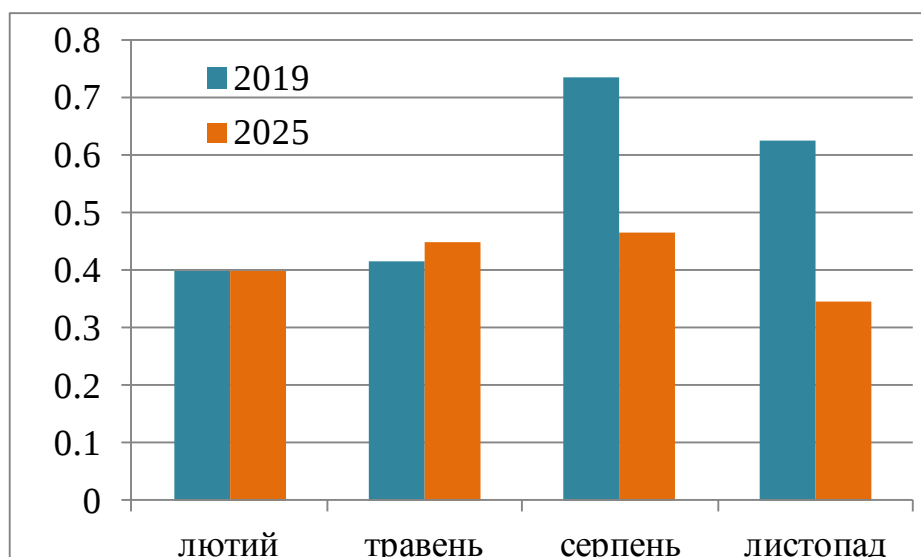


Рисунок 3.3 – Динаміка ІЗВ на посту: р. Дністер, 550 км, с. Цикинівка, лівий берег, вплив скидів стічних вод з очисних споруд м. Сороки (Республіка Молдова), кордон з Республікою Молдова

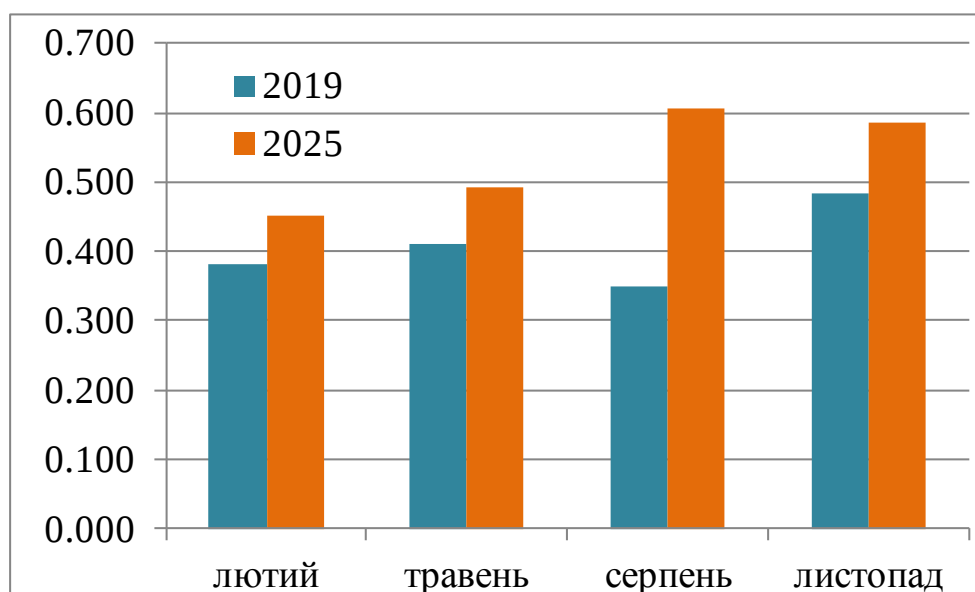


Рисунок 3.4 – Динаміка ІЗВ на посту: р. Дністер, 631 км, м. Могилів – Подільський, міст по дорозі М21-Е583, митний перехід з Республікою Молдова

Згідно отриманих результатів видно, що із початком повномасштабного вторгнення якість водних ресурсів значно погіршилась. Особливо необхідно відмітити те, що Вінницька область не належить до прифронтових територій, що безпосередньо потерпають від впливів війни, але не зважаючи на це, водні ресурси Вінничини потерпають від прямих та опосередкованих військових

вплив. Одним з таких опосередкованих впливів є зростання чисельності населення обласного центру і районних міст через внутрішнє переміщення, що суттєво збільшило гідравлічне навантаження на системи водовідведення. Очисні споруди Вінниці, розраховані на обслуговування певної проєктної потужності, у пікові місяці 2022 року приймали обсяги стічних вод, що перевищували розрахункові показники. Перевантаження аеротенків і вторинних відстійників призводило до «змивання» активного мулу, що у технологічному сенсі означало фактичну втрату біологічного ступеня очищення. У таких умовах на виході очисних споруд формувалася стік із погіршеними показниками, що скидався у Південний Буг нижче Вінниці. Особливо помітним це ставало за показниками завислих речовин, БСК₅ та вмісту сполук азоту.

Порівняння доступних даних моніторингу за 2018 і 2025 роки свідчить про загальне погіршення якості поверхневих вод у Вінницькій області за більшістю контрольованих показників. Найбільш виразні зміни зафіксовано за вмістом завислих речовин, нафтопродуктів і показниками мікробного забруднення у нижній течії Південного Бугу в межах міста Вінниця та нижче нього.

3.3 Стан ґрунтових екосистем

Ґрунтовий покрив є компонентом довкілля, у якому акумулюються наслідки атмосферного, водного та механічного забруднення. У зоні воєнних дій сумарне навантаження на ґрунти значно перевищує вплив окремих факторів. Для Вінницької області, де переважають сірі опідзолені ґрунти та опідзолені чорноземи з вмістом гумусу 2,5–4,5 %, деградація ґрунтів становить серйозну екологічну й економічну загрозу.

У 2018 році стан ґрунтів області характеризувався високою розораністю території, яка в окремих районах перевищувала 85 %, що сприяло розвитку ерозійних процесів. Близько 42 % орних земель мали еродовані або деградовані горизонти. Спостерігалось поступове зниження вмісту гумусу внаслідок

інтенсивного землекористування. Забруднення важкими металами загалом не перевищувало нормативів, хоча локально фіксувалися підвищені концентрації цинку та міді. У ґрунтах також виявлялися залишки гербіцидів, характерні для інтенсивного землеробства. Загалом забруднення мало переважно дифузний і прогнозований характер [28, 29].

Після початку повномасштабного вторгнення характер антропогенного впливу на ґрунтовий покрив суттєво змінився. Одним із головних чинників стала механічна деградація внаслідок руху важкої техніки та утворення воронк після розриву боєприпасів (рис. 3.5). Ущільнення ґрунту призводить до руйнування його структури, зниження водопроникності та погіршення умов розвитку корневих систем рослин. Це може зменшувати врожайність на 20–40 % і посилювати ерозійні процеси. Відновлення таких ділянок триває від 5 до 15 років.

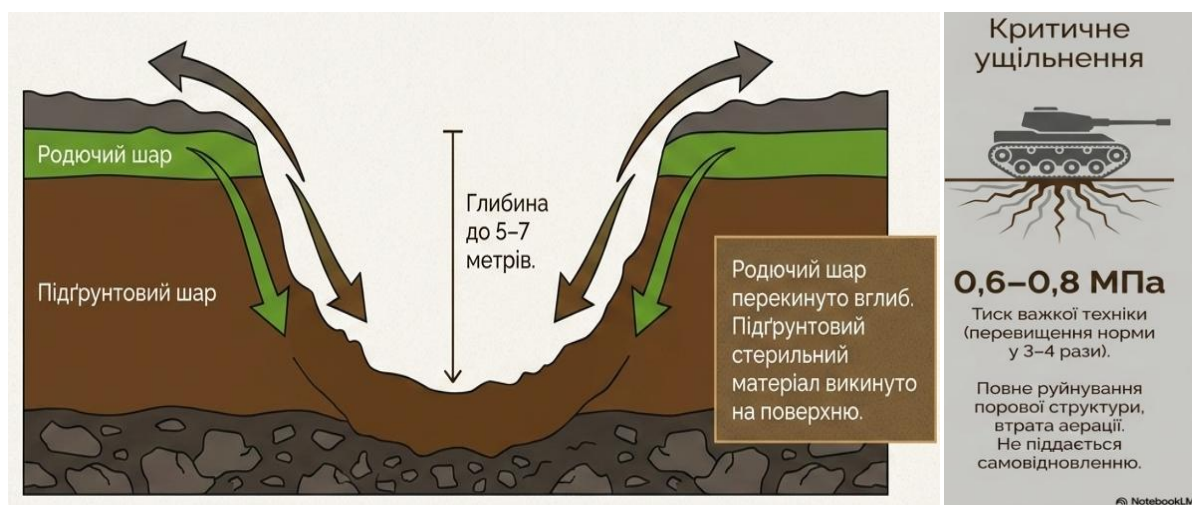


Рисунок 3.5 – Механічна зміна структури ґрунтів в наслідок дії військової техніки та вибухів

Суттєвою проблемою стало хімічне забруднення, пов'язане з використанням боєприпасів. У місцях вибухів формуються геохімічні аномалії з підвищеним вмістом свинцю, сурми, барію, міді та цинку. Частина цих елементів накопичується у верхніх горизонтах ґрунту, а окремі сполуки можуть мігрувати до підземних вод. небезпеку також становлять залишки вибухових

речовин, зокрема тринітротолуолу (TNT), який здатний зберігатися в ґрунтах десятиліттями та негативно впливати на ґрунтову біоту (рис. 3.6) [24].



Рисунок 3.6 – Хімічне забруднення ґрунтів відходами війни

Ще одним важливим чинником деградації є нафтове забруднення, спричинене витокami пального, пошкодженням техніки та пожежами на паливних об'єктах. Нафтопродукти пригнічують мікробіологічну активність ґрунту, перешкоджають розвитку рослинності та можуть проникати у підземні води. Відновлення таких територій без проведення рекультиваційних заходів може тривати від 10 до 30 років. Для Вінницької області ця проблема загострилася через аварії на нафтотранспортній інфраструктурі та пожежі на паливних об'єктах у 2022 році.

Додаткової шкоди ґрунтам завдають пожежі, спричинені обстрілами. Високі температури руйнують гумусові речовини, знищують ґрунтову фауну та порушують структуру ґрунту. Одночасно відбувається накопичення продуктів горіння, зокрема поліциклічних ароматичних вуглеводнів, серед яких бензо(а)пірен належить до найнебезпечніших канцерогенів. Відновлення ґрунтових екосистем після пожеж займає не менше 5–7 років.

Окремою проблемою залишається забруднення територій вибухонебезпечними предметами. Хоча Вінницька область не належить до найбільш замінованих регіонів України, протягом 2022–2025 років на її території неодноразово виявляли уламки ракет та нерозірвані боєприпаси, що ускладнювало ведення сільськогосподарських робіт.

Сукупний вплив воєнних та економічних чинників у 2022–2025 роках негативно позначився на агровиробництві області. Дефіцит робочої сили, подорожчання ресурсів, порушення логістики та скорочення внесення добрив сприяли подальшому виснаженню ґрунтів і зниженню вмісту гумусу [28, 29].

Порівняно з 2018 роком, до традиційних проблем ерозії та агрохімічного забруднення додалися нові фактори деградації – механічні, хімічні та термічні впливи, пов'язані з воєнними діями. Їх поєднання формує осередки складного та тривалого відновлення. Повноцінна оцінка масштабів цих змін потребує систематичного моніторингу ґрунтового покриття, проведення якого в умовах воєнного стану залишається обмеженим.

3.4 Поводження з відходами

Сфера поводження з відходами належить до тих галузей, де наслідки воєнного часу мають комплексний і водночас малопомітний характер. На відміну від забруднення повітря чи деградації ґрунтів, проблеми у цій сфері накопичуються поступово й часто стають очевидними лише після суттєвого порушення функціонування системи. Для Вінницької області, де у 2018 році діяла відносно розвинена інфраструктура збору, сортування та захоронення відходів, повномасштабна війна стала серйозним викликом через одночасне збільшення обсягів відходів, скорочення фінансування та порушення логістичних процесів. У 2018 році система поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) перебувала на етапі поступової модернізації. У Вінниці функціонувало сортування відходів із відбором частини вторинної сировини для переробки. Загальний обсяг утворення ТПВ становив близько 450–480 тис. тонн на рік, переважна частина яких захоронювалася на полігонах. Більшість

полігонів уже наближалася до вичерпання проєктної місткості. У сільській місцевості роздільний збір відходів практично був відсутній, а несанкціоновані сміттєзвалища залишалися поширеною проблемою [32, 33].

Важливою складовою системи були також промислові та аграрні відходи, зокрема відходи харчової промисловості, тваринництва, відпрацьовані мастила, акумулятори та ртутювмісні лампи. Хоча поводження з ними регулювалося законодавством, рівень дотримання екологічних вимог, особливо малими підприємствами, часто залишався недостатнім. Після початку повномасштабного вторгнення та прибуття значної кількості внутрішньо переміщених осіб обсяги утворення ТПВ суттєво зросли. У пікові періоди 2022 року населення Вінниці збільшилося на 50–80 тис. осіб, що означало додаткові десятки тонн відходів щоденно. Існуюча система збору та вивезення виявилася частково неготовою до такого навантаження, що призводило до переповнення контейнерних майданчиків і накопичення сміття на прилеглих територіях [33].

Одночасно змінилася структура відходів. Зросла частка одноразового пакування та пластикових матеріалів, що ускладнило роботу сортувальних ліній і знизило ефективність переробки. Новою категорією стали будівельні відходи, утворені внаслідок руйнування об'єктів під час ракетних ударів. Значні обсяги уламків бетону, цегли, скла, деревини та ізоляційних матеріалів потребували спеціальних майданчиків для тимчасового зберігання і подальшої утилізації. Через обмежені ресурси їх належне поводження часто відкладалося, що сприяло утворенню нових стихійних звалищ [32].

Особливу небезпеку становили будівельні відходи промислових об'єктів, які могли містити азбест, свинцеві фарби, поліхлоровані біфеніли та інші токсичні речовини. Під час руйнування ці компоненти потрапляють у навколишнє середовище, забруднюючи повітря, ґрунти та водні об'єкти. Їх виявлення та відокремлення є складним і затратним процесом, що в умовах воєнного стану значно ускладнюється.

Серйозною проблемою стало накопичення небезпечних відходів: відпрацьованих паливно-мастильних матеріалів, акумуляторів, медичних

відходів, залишків ракетного палива та продуктів горіння боєприпасів. Через обмеження роботи спеціалізованих підприємств частина цих потоків виходила з-під належного контролю, а тимчасові місця зберігання не завжди відповідали санітарним вимогам. Особливої уваги потребували медичні відходи. Зростання кількості поранених і розгортання додаткових медичних закладів спричинили збільшення обсягів інфікованих та потенційно інфікованих матеріалів, які підлягають спеціальному знешкодженню. Наявні потужності для їх оброблення не завжди забезпечували своєчасну утилізацію, що створювало ризики потрапляння таких відходів до загального потоку ТПВ.

Стан полігонів у 2022–2023 роках погіршився через збільшення обсягів захоронення, нестачу фінансування та кадрові проблеми. Погіршення експлуатації полігонів супроводжувалося зростанням ризиків утворення та міграції фільтрату, який містить важкі метали, органічні забруднювачі та інші небезпечні речовини [28, 29].

Поширення несанкціонованих сміттєзвалищ також посилювалося. Через зростання кількості відходів та обмеження контролюючих функцій екологічних органів нові стихійні звалища виникали поблизу населених пунктів, лісових масивів, заплав річок та узбіч доріг. Специфічною категорією відходів воєнного часу стали уламки ракет, безпілотників і боєприпасів. Незважаючи на цінність металевих компонентів як вторинної сировини, такі відходи можуть містити залишки палива, окислювачів та вибухових речовин, тому потребують спеціалізованого вилучення та утилізації за участю піротехнічних служб. Порівняно з 2018 роком система поводження з відходами Вінницької області у 2023 році зазнала суттєвих змін. Обсяги відходів збільшилися, їх склад ускладнився за рахунок будівельних, медичних та інших небезпечних компонентів, а інфраструктура збору й захоронення працювала в умовах підвищеного навантаження та обмежених ресурсів. У результаті до довоєнних проблем додалися нові виклики, подолання яких потребуватиме значних фінансових ресурсів і тривалого часу після завершення активної фази воєнних дій.

РОЗДІЛ 4 МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ НА ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Комплексне вирішення екологічних проблем Вінницької області, що значно загострились унаслідок повномасштабного воєнного вторгнення, потребує системного підходу, який поєднує технічні, організаційні, нормативні та освітні заходи. Ситуація 2023 року принципово відрізняється від довоєнного 2018 року не лише масштабом проблем, а й їх характером: поряд із хронічними екологічними викликами аграрного регіону – ерозією ґрунтів, нітратним забрудненням підземних вод, переповненими полігонами – з'явилися якісно нові проблеми, зумовлені руйнуванням інфраструктури, хімічним забрудненням від боєприпасів і порушенням природоохоронних систем. Відповідно, і заходи з відновлення довкілля мають бути диференційовані за пріоритетністю та часовим горизонтом реалізації.

4.1. Відновлення та охорона водних ресурсів

Водні ресурси Вінницької області потребують термінового втручання, оскільки погіршення якості питної і поверхневої води безпосередньо позначається на здоров'ї населення. Першочерговим завданням є відновлення стабільного електропостачання та резервних генераторних потужностей каналізаційних насосних станцій і очисних споруд. Аварійні скиди неочищених стічних вод, зафіксовані під час блекаутів 2022–2023 років, є прямим наслідком відсутності надійного резервного живлення, усунення якого є технічно нескладним і порівняно недорогим заходом із миттєвим екологічним ефектом.

Паралельно необхідна модернізація самих очисних споруд, насамперед у Вінниці та великих районних містах. Існуючі споруди біологічного очищення, спроектовані ще за радянськими нормативами, фізично зношені і не розраховані на пікові гідравлічні навантаження, що виникли через приплив переміщених осіб. Реконструкція аеротенків, заміна обладнання подачі повітря і будівництво додаткових ємностей буферного накопичення стічних вод

дозволять стабілізувати якість очищеного стоку незалежно від коливань вхідного навантаження. Особливо нагальною є ця проблема для населених пунктів уздовж Південного Бугу, оскільки якість його вод визначає стан водозаборів у нижній течії [30].

Для підземних водоносних горизонтів, які є основним джерелом питної води для сільського населення, необхідне систематичне обстеження в районах аварійних розливів паливно-мастильних матеріалів. У місцях виявленого нафтового забруднення слід застосовувати методи біоремедіації – внесення у ґрунт нафтоокиснювальних мікроорганізмів роду *Rhodococcus* і *Pseudomonas* у поєднанні з аерацією забрудненого горизонту [34, 35]. Для водоносних горизонтів із хронічним нітратним забрудненням доцільним є встановлення у найбільш уражених населених пунктах установок зворотного осмосу для підготовки питної води, що є тимчасовим, але дієвим рішенням до усунення дифузних джерел забруднення.

Збереження та покращення стану Ладижинського водосховища потребує регулювання режиму водозабору, посилення контролю за сільськогосподарським стоком із водозбірної площі та проведення локального видалення донних відкладів у зонах найбільшого накопичення біогенних елементів. Для зниження інтенсивності «цвітіння» синьо-зелених водоростей у теплий сезон перспективним є впровадження ультразвукових або аераційних систем, що порушують стратифікацію водної товщі й не допускають утворення сприятливих умов для масового розвитку ціанобактерій [30].

4.2. Відновлення і захист ґрунтового покриву

Відновлення ґрунтового покриву Вінницької області після впливу воєнних дій є довготривалим процесом, що потребує диференційованого підходу залежно від типу і глибини деградації. Першим і обов'язковим кроком є інвентаризація забруднених ділянок – складання детальної карти місць влучань ракет, пожарищ, нафтових розливів і зон проходження важкої техніки з відбором ґрунтових проб і лабораторним визначенням вмісту важких металів,

нафтопродуктів і вибухових органічних речовин. Без такої карти будь-які рекультиваційні роботи не матимуть чіткого цільового орієнтиру.

Для ділянок із нафтовим забрудненням ґрунтів оптимальним підходом є поєднання механічного зняття найбільш забрудненого верхнього шару (за концентрацій нафтопродуктів понад 30 г/кг) з наступною біоремедіацією із застосуванням вуглеводень-окиснювальних бактерій і мікоремедіації – внесення міцелію білої гнилизної гриби *Pleurotus ostreatus*, яка ефективно розкладає поліциклічні ароматичні вуглеводні. Практика застосування цих методів на забруднених нафтою ділянках в Україні та Польщі свідчить про зниження вмісту нафтопродуктів у ґрунті на 60–80% протягом одного вегетаційного сезону [36 – 38].

Для ділянок із забрудненням важкими металами від боєприпасів найбільш перспективною є фіторемедіація – вирощування рослин-гіперакумуляторів, здатних концентрувати метали у надземній біомасі. Для свинцю і цинку найбільш ефективними є деякі види роду *Thlaspi* (підмаренник), *Arabidopsis* і особливо *Vetiveria zizanioides* (ветивер). Після кількох сезонів вирощування надземна маса зрізається і вивозиться як небезпечний відхід, а вміст металів у ґрунті знижується. Метод є порівняно дешевим, але потребує часу – від 3 до 10 сезонів залежно від вихідного рівня забруднення [37, 38].

Для ділянок із механічним ущільненням від важкої техніки необхідне глибоке розпушення ґрунту спеціальними чизельними знаряддями або підґрунтовими розпушувачами на глибину 40–50 см, після чого проводиться посів багаторічних трав із розвиненою кореневою системою – люцерни, конюшини, пирію безкореневищного – які за 2–3 роки відновлюють агрегатний склад і водопроникність ущільненого горизонту. Паралельно необхідне поновлення програм вапнування і внесення органічних добрив на всій площі ріллі, що зазнала воєнного навантаження, – для компенсації прискореного зниження вмісту гумусу.

Окремим завданням є розмінування сільськогосподарських угідь у прилеглих до Вінниччини районах. Хоча основна маса мінних полів

зосереджена у прифронтових областях, знайдені уламки боєприпасів на полях і узліссях регіону потребують систематичного обстеження із залученням піротехнічних підрозділів перед початком будь-яких польових і рекультиваційних робіт. Без попереднього розмінування проведення механічної обробки ґрунту на підозрілих ділянках є загрозою для життя механізаторів.

4.3. Вдосконалення системи поводження з відходами

Система поводження з відходами Вінницької області потребує структурних змін, обсяг яких є значно більшим, ніж простий ремонт існуючих об'єктів. Першочерговим завданням є будівництво нових або суттєве розширення діючих полігонів ТПВ у тих районах, де залишковий ресурс існуючих об'єктів буде вичерпаний найближчими роками. Полігони мають бути обладнані відповідно до сучасних вимог: водонепроникна основа, система збору і очищення фільтрату, дегазаційні свердловини для утилізації звалищного газу. Використання звалищного газу для вироблення електроенергії або теплопостачання поблизу полігону є технологічно зрілим рішенням, що одночасно вирішує екологічну і енергетичну проблему.

Будівельні відходи від зруйнованих і пошкоджених об'єктів потребують окремої інфраструктури поводження. Необхідне визначення і облаштування тимчасових майданчиків для їх первинного сортування безпосередньо поблизу місць утворення. Незабруднений бетон і цегла можуть бути перероблені на вторинний щебінь для використання у дорожньому будівництві і відновленні пошкоджених об'єктів. Деревина, якщо вона не просочена токсичними речовинами, придатна для використання як паливо або у виробництві деревно-стружкових матеріалів. Небезпечні фракції – азбест, ПХБ-вмісні матеріали, свинцеві фарби – підлягають окремому зберіганню і утилізації на спеціалізованих підприємствах [32].

Медичні відходи від лікувальних закладів, що значно збільшились через поранених і евакуйованих, потребують розширення мережі установок знешкодження. Найбільш доцільним методом для відходів класів Б і В є

автоклавування з наступним подрібненням – метод, що є значно дешевшим і екологічно безпечнішим, ніж спалювання, і може бути реалізований безпосередньо при великих лікарнях. Встановлення автоклавів у Вінниці та кількох районних лікарнях дозволить вирішити проблему безпечного знешкодження медичних відходів без необхідності їх транспортування на значні відстані.

Розширення роздільного збору відходів є завданням середньострокової перспективи. Досвід Вінниці, де система роздільного збору функціонує з обмеженим охопленням, слід поширити на районні центри і великі селища. Ключовими умовами успіху є не лише наявність інфраструктури (роздільних контейнерів і сортувальних ліній), а й системна інформаційна робота з населенням, яке в умовах воєнного часу нерідко сприймає роздільний збір як другорядну проблему. Водночас саме зараз, коли значна частина населення перебуває у тимчасових умовах проживання, формування нових звичок поводження з відходами є і складнішим, і водночас більш актуальним завданням [33].

4.4 Зниження забруднення атмосферного повітря

Відновлення і модернізація системи очищення викидів Ладижинської ТЕС є найважливішим заходом у сфері охорони атмосферного повітря регіону. Встановлення сучасних електрофільтрів або рукавних фільтрів дозволить знизити викиди зважених частинок у 5–10 разів порівняно з поточним рівнем. Впровадження технологій видалення сірки з димових газів є необхідним кроком для відповідності вимогам Директиви ЄС про великі спалювальні установки (LCP Directive), до якої Україна зобов'язалась наблизити своє законодавство в рамках Угоди про асоціацію.

Для міст Вінниці і Козятина, де транспортне забруднення є суттєвим фактором погіршення якості повітря, пріоритетним напрямом є розвиток електричного громадського транспорту і будівництво велосипедної інфраструктури. Заміна тролейбусного парку і розширення маршрутної мережі,

впровадження електробусів на маршрутах із найвищим пасажиропотоком дозволять суттєво скоротити викиди оксидів азоту і зважених частинок у центральних частинах міст без суттєвих витрат на будівництво нової інфраструктури.

Масштабне відновлення лісових насаджень у регіоні є одночасно заходом щодо поглинання вуглекислого газу, збереження водного режиму і зниження вітрової ерозії. Лісистість Вінниччини у 13% є значно нижчою від екологічно оптимального рівня для Лісостепової зони (20–25%). Збільшення площі захисних лісосмуг уздовж водотоків і полів, заліснення деградованих схилів і берегів ярів, відновлення насаджень на пожарищах воєнного часу є взаємопов'язаними завданнями, що дозволяють одночасно досягати кількох екологічних цілей [5].

4.5 Збереження і відновлення природно-заповідного фонду та біорізноманіття

Першочерговим заходом є відновлення повноцінного функціонування природоохоронних установ. Це означає поновлення фінансування штату інспекторів охорони і наукового персоналу заповідників і регіональних ландшафтних парків, забезпечення їх необхідним обладнанням і транспортом. РЛП «Середнє Побужжя» та інші об'єкти ПЗФ потребують відновлення регулярних маршрутних обліків тварин, фенологічних спостережень і гідрологічного моніторингу – тих рядів даних, що були перервані у 2022 році і відновлення яких є передумовою для будь-якого наукового аналізу стану природних комплексів регіону.

Для протидії поширенню інвазійних видів рослин на порушених ділянках необхідне впровадження програм фітомоніторингу, що передбачають регулярне обстеження узбіч доріг, пожарищ і бойових позицій на предмет виявлення осередків амброзії полинолистої, золотарника канадського та інших карантинних видів із їх своєчасним механічним видаленням до утворення насіння. Досвід показує, що кожен рік зволікання з боротьбою з осередком

інвазійного виду збільшує площу його поширення у геометричній прогресії, тому своєчасне реагування є значно економічнішим, ніж наступна ліквідація масових заростей.

Розширення мережі ПЗФ за рахунок включення нових ботанічних і ентомологічних заказників у південних степових районах Вінниччини сприятиме збереженню рідкісних видів ковилових степів і лучних угруповань, площа яких продовжує скорочуватись через розорювання і забур'яненість. Включення нових об'єктів до складу ПЗФ є порівняно дешевим заходом, що не потребує будівництва інфраструктури, але потребує чіткого юридичного оформлення і призначення відповідальних організацій за охорону.

4.6 Вдосконалення системи екологічного моніторингу

Одним із головних уроків 2022–2023 років для екологічної служби Вінниччини є очевидна недостатність наявної системи моніторингу в умовах надзвичайних ситуацій. Мережа стаціонарних постів спостереження, що функціонує в рамках Гідрометслужби і Держекоінспекції, є занадто рідкою і не здатна вчасно виявляти локальні забруднення від ракетних ударів і аварійних скидів. Необхідне впровадження мобільних лабораторій екологічного контролю, здатних оперативно виїжджати на місце інциденту й проводити комплексний аналіз проб повітря, ґрунту і води у польових умовах.

Широке впровадження методів дистанційного зондування у систему регіонального моніторингу є необхідним і порівняно доступним кроком. Безоплатні знімки Sentinel-2 з роздільною здатністю 10 м і оновленням кожні 5 днів дозволяють у реальному часі відстежувати зміни NDVI (стану рослинного покриву), виявляти термічні аномалії і фіксувати пожежі та нафтові плями на поверхні водойм. Розробка регіональної геоінформаційної платформи на базі відкритих даних Copernicus і NASA не потребує значних капіталовкладень, але вимагає підготовки кваліфікованих фахівців у відповідних підрозділах обласної адміністрації.

Відновлення і розширення мережі автоматизованих станцій контролю якості атмосферного повітря у Вінниці та великих містах є інвестицією, що окупається за рахунок вчасного виявлення небезпечних концентрацій і своєчасного інформування населення. Сучасні аналізатори $PM_{2.5}$, NO_2 і O_3 є компактними, відносно недорогими у придбанні і мають мінімальні витрати на обслуговування. Дані з них можуть передаватись у режимі реального часу на регіональний екологічний портал і бути доступними для широкого загалу – що само по собі є елементом екологічного виховання і підвищення обізнаності громадян.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз стану навколишнього природного середовища Вінницької області у 2018 та 2025 роках засвідчив погіршення низки екологічних показників у воєнний період. Найбільш відчутні зміни зафіксовано у стані атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів та системі поводження з відходами.

2. Встановлено, що воєнні дії спричинили як прямі, так і опосередковані наслідки для екосистем області. До основних наслідків належать забруднення довкілля продуктами вибухів і пожеж, руйнування природних комплексів, зростання обсягів відходів та посилення антропогенного навантаження на природні ресурси.

3. Оцінка ключових екологічних показників показала тенденцію до зниження якості компонентів довкілля порівняно з довоєнним періодом. Найбільш суттєві зміни об'єкти гідросфери і ґрунти, а також фіксувались порушення у функціонуванні системи екологічного контролю та моніторингу.

4. Визначено, що значного впливу воєнних дій зазнали не лише компоненти довкілля, але й об'єктами критичної інфраструктури. Особливо вразливими виявилися екосистеми, які вже перебували під значним антропогенним навантаженням до початку повномасштабної війни.

5. Обґрунтовано необхідність впровадження комплексу природоохоронних заходів, спрямованих на відновлення постраждалих екосистем та попередження подальшого погіршення стану довкілля. Пріоритетними напрямками є посилення екологічного моніторингу, удосконалення системи поводження з відходами, відновлення водних ресурсів і ґрунтів, а також забезпечення екологічної безпеки в умовах воєнного та післявоєнного періодів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 1.Вплив війни на природоохоронні території України // WWF-Україна. 2023. URL: <https://www.wwfadria.org/?12163316/The-impact-of-war-on-protected-areas-in-Ukraine>
2. Шульга С.С., Васильковська К.В., Мороз С.М., Васильковська М.О. Аналіз зміни індексів вегетації при вирощуванні сільськогосподарських культур. *Аграрні інновації*. 2026. №35. С. 381-388. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.35.54>
3. Грод І.М., Шевчик Л.О. Застосування інформативних індексів з метою оцінки біорізноманіття екосистем. Інноваційні технології цифрової освіти у вищій та середній школі України та країн Євросоюзу «Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи». 30 квітня, 2020. № 5. С. 112–114. http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/15381/1/38_Hrod_Shevchyk.pdf
4. Курепін В.М. Моніторинг розвитку лісових пожеж. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations», яка відбулася на базі Національного університету цивільного захисту України. Черкаси 14 травня 2025 року. С. 197–199. <https://surl.li/ewbhkk>
5. П'ятка Н. С., Лужанська Т. Ю., Ільтьо Г. Ф. Прогнозування зміни антропогенних ландшафтів України. *Вісник НУВГП, Серія «Економічні науки*. 2023. 1 (101). С. 153-164. <https://doi.org/10.31713/ve1202314>
6. Свєткіна О.Ю. Реакції розкладу вибухових речовин. Методичні рекомендації для самостійного вивчення теми з дисципліни «Основи хімії енергонасичених речовин» для студентів спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія. Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. 20 с. <https://surl.li/pdspjm>
7. Єгорова Т.М. Еколого-геохімічні небезпеки білігеративних агроландшафтів. *Еколого-геохімічні небезпеки*. 2023. №3 (48). С. 37 – 41. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.5>

8. Андрейченко С., Тогачинська О., Береза-Кіндзерська Л. Нормування якості ґрунтів та їх екологічна безпека. *InterConf*. 2024. 221. С. 284-300. DOI: [10.51582/interconf.19-20.10.2024.030](https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.10.2024.030).
9. Krampe F. Dr Florian Krampe: веб-сайт. Stockholm: SIPRI, 2025. URL: <https://www.sipri.org/about/bios/dr-florian-krampe> (дата звернення: 11.05.2026).
10. Francis R. A. The impacts of modern warfare on freshwater ecosystems. *Environmental Management*. 2011. Vol. 48, No. 5. P. 985–999. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9746-9>. [reference:1]
11. Black R. et al. Security in a New Era of Risk. *Environment of Peace*: Stockholm: SIPRI, 2022. 112 p. URL: <https://www.sipri.org/publications/2022/policy-reports/environment-peace-security-new-era-risk> (дата звернення: 11.05.2026).
12. De Coning C. et al. Security Risks of Environmental Crises. *Environment of Peace* (Part 2). Stockholm: SIPRI, 2022. 88 p. URL: <https://www.sipri.org/publications/2022/policy-reports/security-risks-environmental-crises-environment-peace-part-2> (дата звернення: 03.06.2026).
13. Борисенко О.Б., Кривохижа Є.М., Чорноштан Т.М. Вплив військових дій на екосистеми: оцінка збитків та шляхи відновлення. *Екологічні науки*. 2025. № 1(58). С. 343 – 349. <https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2025/58/57.pdf>
14. Постанова КМУ Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність проведення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів Державною екологічною інспекцією від 25 вересня 2025 року N 1198 URL: <https://ips.ligazakon.net/document/kp190182?an=371> (дата звернення: 10.06.2026).
15. UNEP. High-level methodology to estimate environmental impacts from war-related damage in Ukraine : веб-сайт. LinkedIn : NICOLE Foundation, 2025. URL: https://www.linkedin.com/posts/nicole-foundation_environmentalimpact-

conflictzones-ukraine-activity-7333054887867412480-jGDk (дата звернення: 03.06.2026).

16. EEA. Environmental Risk Assessment – Approaches, Experiences and Information Sources. Copenhagen : European Environment Agency, 1997. 270 p. (Environmental issue report; No 4). URL: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/gh-07-97-595-en-c2> (дата звернення: 12.06.2026).

17. Духневич А. В., Карпінська Н. В. Екологічні наслідки війни: оцінка впливу відходів на навколишнє середовище. *Аналітично-порівняльне правознавство*. 2025. № 1. С. 55–60. DOI: [https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.01.55.\[reference:7](https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.01.55.[reference:7)

18. Долженкова О.В. Наслідки впливу ракетних ударів на стан атмосферного повітря в Україні *Екологічні науки*. 2024. № 1(52), Том 1. С. 16-21. https://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2024/1/part_1/4.pdf

19. European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. URL: <https://surl.li/snqoht> (дата звернення: 12.06.2026).

20. U.S. Environmental Protection Agency. Compilation of Air Pollutant Emissions Factors from Stationary Sources (AP-42). 2026. URL: <https://surl.li/qfbiii> (дата звернення: 12.06.2026).

21. Строкаль В., Ковпак А. Воєнні конфлікти та вода: наслідки й ризики. *Екологічні науки*. 2022. 5(44). С. 94-102. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14>

22. Горбулін В. П., Мосов С. П. Водні конфлікти як індикатор загострення світової кризи прісної води. *Вісник НАН України*. 2023. 2. С. 3-11. URL: <https://doi.org/10.15407/visn2023.02.003>

23. Підрив Каховської ГЕС: чотири категорії наслідків та план подальших дій. Новини від 14.06.2023: *Економічна Правда*. Інтернет-ресурс. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/06/14/701156/> (дата звернення: 30.05.2026).

24. Kucher A., Kucher L. War loss and damage to soil resources: towards sustainable land management. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81, No. 1. P. 18–29. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2296769>.

25. Головний сайт про агробізнес. . URL: <https://surl.li/eespqs> (дата звернення: 15.06.2026).

26. Brenzovych M. et al. Soil Degradation and Contamination Due to Armed Conflict in Ukraine. *Land*. 2024. Vol. 13(10). Article 1614. DOI: <https://doi.org/10.3390/land13101614>.

27. Війною уражено понад 20% природно-заповідного фонду України постраждало від війни. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 06.11.2023. URL: <https://mepr.gov.ua/vijnoyu-urazhenno-ponad-20-prirodoohoronnyh-terytorijukrayiny/> (дата звернення: 28.05.2026).

28. Екологічний паспорт Вінницької області 2019 . URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichni-pasporty/> (дата звернення: 28.05.2026).

29. Екологічний паспорт Вінницької області 2024 . URL: https://www.vin.gov.ua/images/UPRTER/2024/ogoloshennya/Ekologichnuy%20pasp-ort%202024_%20.pdf (дата звернення: 28.05.2026).

30. Державне агентство водних ресурсів України . URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/Reporting/ViewReports/ViewReport?id=392> (дата звернення: 28.05.2026).

31. Ковальчук І.М., Нетробчук І.М. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод : навчальний посібник. Луцьк : Вежа-Друк, 2021. 76 с. <https://surl.li/zxyiqe>

32. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Методичні рекомендації з розроблення регіональних планів управління відходами : наказ № 403 від 16.04.2024. Київ, 2024. Рекомендації використовуються при оновленні регіональних планів управління відходами та містять актуальні підходи до оцінки потоків ТПВ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0403926-24#Text> (дата звернення:

30.05.2026).

33. Вінницька обласна військова адміністрація. Розпочалась робота над проєктом регіонального плану управління відходами Вінницької області. Вінниця, 2025. У документі зазначено, що новий регіональний план розробляється на основі вимог законодавства 2024 року та актуалізованих даних щодо утворення і поводження з відходами в області. URL: <https://surl.lt/mjkgm> (дата звернення: 30.05.2026).

34. Mekonnen B.A., Aragaw T.A., Genet M.B. Bioremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil: a review on principles, degradation mechanisms, and advancements. *Frontiers in Environmental Science*. 2024. Vol. 12. Article 1354422. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1354422>.

35. Elshafei A.M., Mansour R. Microbial bioremediation of soils contaminated with petroleum hydrocarbons. *Discover Soil*. 2024. Vol. 1. Article 9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44378-024-00004-5>.

36. Omoni V.T., Bankole P.O., Semple K.T. et al. Enhanced Remediation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soil Through Fungal Delignification Strategy and Organic Waste Amendment: A Review. *Indian Journal of Microbiology*. 2025. Vol. 65(2). P. 775–797. doi: [10.1007/s12088-024-01383-7](https://doi.org/10.1007/s12088-024-01383-7).

37. Microbial Community Succession During Bioremediation of Petroleum-Contaminated Soils Using *Rhodococcus* sp. OS62-1 and *Pseudomonas* sp. P35. *Microorganisms*. 2025. Vol. 14(1). Article 7. <https://doi.org/10.3390/microorganisms14010007>

38. García-Delgado C. et al. Persistent Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Removal from Sewage Sludge-Amended Soil Through Phytoremediation Combined with Solid-State Ligninolytic Fungal Cultures. *Fungal Biology*. 2024. Vol. 128(2). P. 1675–1683. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2024.01.007>.

ДОДАТКИ

Додаток А. Вихідні та розрахункові дані для визначення ІЗВ для річкових систем Вінницької області

