

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан факультету захисту рослин,  
біотехнологій та екології

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри загальної екології,  
радіобіології та безпеки  
життєдіяльності

\_\_\_\_\_ **Коломієць Ю.В.**  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

\_\_\_\_\_ **Клепко А.В.**  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему **«Екологічна оцінка забруднення ґрунтів на локальному рівні за  
впливу воєнних дій»**

Спеціальність \_\_\_\_\_ **101 «Екологія»**  
(код і назва)

Освітня програма **«Екологія та охорона навколишнього середовища»**  
(назва)

Орієнтація освітньої програми \_\_\_\_\_ **освітньо-професійна**  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Гарант освітньої програми**

**професор, доктор біологічних наук** \_\_\_\_\_ **Гайченко В.А.**  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

**к. с.-г. наук, доцент кафедри загальної екології,  
радіобіології та безпеки життєдіяльності** \_\_\_\_\_ **Бондарь В.І.**  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

**Виконала** \_\_\_\_\_ **Гончаренко Н.Є.**  
(підпис) (ПІБ студента)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ**

**І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри загальної екології,  
радіобіології та безпеки життєдіяльності**

\_\_\_\_\_ **Клепко А.В.**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025р.

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
ЗДОБУВАЧУ**

\_\_\_\_\_ **Гончаренко Наталії Євгеніївни**

(прізвище, ім'я по батькові)

Спеціальність

101 «Екологія»

(код і назва)

Освітня програма «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Екологічна оцінка забруднення ґрунтів на локальному рівні за впливу воєнних дій»

Затверджена наказом від « 6 » листопада 2025 р. № 1984.С

Термін подання завершеної роботи на кафедру 20.11.2025

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Визначити основні небезпечні речовини в ґрунті, пов'язані з воєнними діями;

2. Здійснити експедиційні дослідження з відбором зразків ґрунту

3. Провести аналіз відібраних зразків згідно з загальноприйнятими методиками та стандартами та зробити відповідні висновки

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

**Дата видачі завдання** « 30 » жовтня 2025 р

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Бондарь В.І.

(прізвище та ініціали)

**Завдання прийняла до виконання**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Гончаренко Н.Є.

(прізвище та ініціали студента)

## Реферат

Випускна магістерська кваліфікаційна робота на тему «Екологічна оцінка забруднення ґрунтів на локальному рівні за впливу воєнних дій» викладена на 77 сторінках машинописаного тексту, містить 14 рисунків, 6 графіків, 7 таблиць. 55 літературних джерел, з них 5 іноземною мовою.

Об'єкт дослідження- вплив воєнних дій на агрохімічні, екотоксикологічні показники ґрунту та біорізноманіттям.

Предмет дослідження- зміни стану ґрунту за агрохімічними, екотоксикологічні показниками та біорізноманіттям за впливу воєнних дій.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є оцінка забруднення досліджуваного ґрунту за впливу воєнних дій, які відбувалися у с.Мощун , Бучанського району, Київської області за комплексом показників.

Для досягнення цілі, були поставлені такі завдання:

1. Визначити основні небезпечні речовини в ґрунті, пов'язані з воєнними діями
2. Здійснити експедиційні дослідження з відбором зразків ґрунту
3. Провести аналіз відібраних зразків згідно з загальноприйнятими методиками та стандартами та зробити відповідні висновки

Методи дослідження, які були використані : фізико-хімічний аналітичний метод, польовий метод дослідження та описовий.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** важкі метали, забруднення ґрунтів, атомно-абсорційна спектрометрія, ГДК, екотоксикологічна оцінка.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....	6
1.1. Пріоритетні забруднювачі ґрунту внаслідок бойових дій.....	6
1.2. Вплив небезпечних речовин на біологічну активність ґрунту.....	10
1.3. Вплив небезпечних речовин на організм людини .....	12
1.4. Екологічні наслідки забруднення внаслідок бойових дій .....	16
1.5 Світовий досвід щодо очистки ґрунтів внаслідок бойових дій .....	19
1.5.1 Франція.....	19
1.5.2 Німеччина.....	22
1.5.3 Сполучені Штати Америки .....	25
1.5.4 Велика Британія .....	28
1.5.5 Колишня Югославія.....	30
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	35
2.1. Умови проведення досліджень.....	35
2.2. Методика досліджень .....	35
2.2.1. Визначення кислотності .....	35
2.2.2. Визначення вмісту важких металів.....	37
2.2.3. Методика оцінювання стану біорізноманіття на антропогенно .....	43
порушених територіях.....	43
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	44
3.1. Вміст важких металів у досліджуваних зразках.....	45
3.2. Вплив кислотності ґрунту на мобільність небезпечних речовин .....	50
3.3. Екологічна оцінка біорізноманіття.....	52
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТКИ .....	69

## ВСТУП

У результаті війни росії проти України, починаючи ще з 2014 року, ґрунтове середовище було серйозно порушено, що призвело до значної та тривалої деградації довкілля. Повномасштабне вторгнення, яке почалося 24 лютого 2022 року, ще більше загострило проблему деградації ґрунтів, а бойові дії на окремих ділянках поставили під сумнів безпечність використання територій, які були безпосередньо постраждалі від військового втручання. Незважаючи на те, що війна ще триває, ми вже знаємо про значні негативні наслідки військових дій для здоров'я та продуктивності ґрунтів [14; 19].

Вирви від авіабомб і артилерійських обстрілів, заміновані території, знищена важка військова техніка, витік нафтопродуктів, випалені ділянки пожеж, зсуви ґрунту та інші фактори є основними маркерами, які вказують на значний вплив забруднень на стійкість ґрунтів. Відповідно, порушення ґрунтів мають серйозні соціально-економічні наслідки як на місцевому так і на національному рівні. Вкрай швидка зміна ландшафту вимагає негайного та всебічного дослідження, а також розробки стратегії управління забрудненими землями внаслідок воєнних дій. Бездіяльність щодо цієї проблеми ризикує пришвидшити ерозію ґрунтів, спричинити надходження токсичних речовин до сільськогосподарської продукції чи іншої продукції, що у свою чергу спричиняє шкідливий вплив на здоров'я людей та тварин.

Військові дії можуть завдати механічних, фізичних або хімічних пошкоджень ґрунту. Кожен із цих впливів по-своєму є надзвичайно важливим і спричиняє руйнування структури та функцій землі. Вплив механічного характеру, призводить до порушення структури ґрунту під час руху військової техніки, будівництва захисних споруд, місць бомбо турбації та розмінування територій. Наслідки цього впливу включають ущільнення, заболочування та засмічення території внаслідок бойових дій. Основним механічним впливом на ґрунт є ущільнення, яке призводить до пошкодження гумусового шару. Це має негативні наслідки, такі як порушення водного

балансу ґрунту та спричинення розвитку вітрової та водної ерозій. Воєнно-техногенні навантаження зсувають частинки ґрунтового шару, руйнуючи його структуру [12].

Хімічний вплив. Змінює природні фізико-хімічні характеристики ґрунту, перш за все рН, катіонний обмін і вміст гумус. Токсико-хімічні речовини також накопичуються та можуть виникати різноманітні локальні ландшафтно-геохімічні аномалії. Таким чином, ці землі надовго не можна використовувати. Пальне транспортних засобів, мастильні матеріали, відходи гальванічного виробництва, вибухові речовини, дезактиваційні речовини, важкі метали та їхні сполуки, радіоактивні речовини та інші речовини є компонентами хімічного забруднення [40].

Фізичний вплив характеризується зміною фізичних показників ґрунту внаслідок застосування зброї, військової техніки.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Пріоритетні забруднювачі ґрунту внаслідок бойових дій

Внаслідок воєнного конфлікту відбувається забруднення ґрунтів нафтопродуктами, токсичними речовинами та важкими металами. Це може бути результатом руйнування інфраструктури, такої як нафтопроводи, резервуари та хімічні заводи, а також використання хімічних засобів під час війни [29].



Рис. 1.1 Забруднювачі ґрунтового середовища [21].

*Забруднення нафтопродуктами.* Якщо нафтопроводи та резервуари зазнають пошкодження або постраждають від вибуху, нафтопродукти можуть погнутись у шари ґрунту. Це призведе до значного забруднення різних місць, де нафтопродукти проникають у ґрунт, забруднюючи його та впливаючи на біологічну активність та родючість. Крім того, нафтопродукти можуть приносити значну шкоду рослинам та мікроорганізмам в ґрунті [19].

*Забруднення токсичними речовинами.* Під час воєнних дій, можуть використовуватися різні хімічні речовини, які мають токсичну дію. Наприклад отруйні гази, отруйні речовини для вибухових пристроїв. Ці речовини здатні проникати в ґрунт, забруднюючи його, завдаючи шкоду живим організмам [22].

Наприклад діоксини, токсичні органічні речовини, утворюються при згорянні техніки та озброєння. Вони зберігаються в навколишньому середовищі та накопичуються в організмах живих істот [17].

Це особливо небезпечно в околицях промислових підприємств. Крім того, під час обстрілів промислових об'єктів, таких як хімічні заводи, нафтопереробні комплекси та водоочисні станції, такі хімічні речовини як аміак, хлор та сульфати, викидаються у навколишнє природне середовище [16].

### *Забруднення важкими металами*

Основними джерелами забруднення ґрунтів в період воєнних дій в Україні є:

- Спалене та пошкоджене військове обладнання та транспорт;
- Електричне та електронне обладнання військової техніки;
- Металеві фрагменти снарядів
- Гільзи від боєприпасів;
- Збиті літаки
- Пошкоджені промислові та інфраструктурні об'єкти



*Рис. 1.2. Спалене військове обладнання [43].*

Під час використання різних видів озброєння, можуть викидатися та поширюватися важкі метали так як арсен, свинець, кадмій, потрапляючи у ґрунт ці метали можуть залишатися у ньому досить тривалий час забруднюючи його, а рослини поглинають їх. Важкі метали здатні накопичуватися в харчових ланцюгах та завдати значний токсичний вплив на екосистеми та здоров'ю людини [28].



*Рис.1.3. Пожежа в лісовій екосистемі, внаслідок вибуху [37].*

Найбільш небезпечними з точки зору забруднення ґрунту є вибухи, спричинені снарядами, гранатами, мінами, бомбами тощо, оскільки ударна хвиля призводить до руйнування зв'язків між частинками ґрунту, що в свою чергу, призводить до утворення кратерів, тріщин, зламів та зміни фізичних властивостей геологічних порід. Це може прискорити проникнення забруднень у ґрунтові води. У районах інтенсивного використання артилерії

вся товщина від поверхневого шару ґрунту до глибини ґрунтових вод зазнає повної трансформації в тріщинуватий і пористий шар. Дослідження стану ґрунту в зона бойових дій показали, що найвищий вміст важких металів спостерігається в місцях, де вибухнули снаряди.[18].



*Рис.1.4. Залишки слідів маневрів військ, які видно на супутникових знімках (Харківська обл.) [30].*

Іншим способом потрапляння важких металів у ґрунт є експлуатація бойової та спеціалізованої техніки, що спричиняє викиди та осідання палива і мастил, які проникають у глибші шари і поширюються по всій території.

Пошкоджене та спалене військове обладнання, яке в даний час оснащено великою кількістю електричних та електронних пристроїв, створює ризик хімічного забруднення важкими металами [33].

Наприклад, різні типи портативних батарей та акумуляторів базуються на використанні різних сполук літію, нікелю та кадмію. Відходи від пристроїв інформаційно-комунікаційних технологій містять свинець, а відходи від невеликих допоміжних пристроїв (і побутових також) містять кадмій, хром, ртуть та мідь. Теперішні військові дії на території України ведуться в районах з високою концентрацією критичної інфраструктури (заводи,

підприємства, енергетичні установи, хімічного, транспортного, телекомунікаційного секторів, комунальних послуг тощо).



*Рис.1.5. Руйнування критичної інфраструктури [41].*

Пошкодження цих об'єктів значно збільшує забруднення навколишнього середовища в тому числі важкими металами. Основні бойові дії зараз ведуться в східних та в південних регіонах України, значна частина яких має велике значення для сільськогосподарського сектора нашої країни [33].

## **1.2. Вплив небезпечних речовин на біологічну активність ґрунту**

Війна пошкодила приблизно третину площ вирощування зернових культур, за приблизними оцінками науковців. Забруднення важкими металами в результаті військових дій значно знижує цінність ґрунту, оскільки впливає на його родючість і мікробіологічну активність, призводить

до патологічних змін у біологічних процесах, збільшує токсичний потенціал ґрунту і знижує якість сільськогосподарської продукції. Через свою високу мобільність важкі метали можуть потрапляти в організм людини через харчовий ланцюг (вода-рослини-тварини), і викликати отруєння та захворювання [34].

*Кадмій.* Кадмій потрапляє в землю разом із уламками боєприпасів, вибухових речовин і промислових об'єктів.

- Негативно впливає на мікрофлору ґрунту, знижуючи активність бактерій та грибів
- Порушує біогеохімічні цикли, наприклад кругообіг вуглецю та азоту
- У високих концентраціях шкідливий для рослин і негативно впливає на їх ріст та розвиток

*Арсен.* Джерела забруднення включають руйнування хімічних складів та викиди від спалювання вибухових речовин [21].

- Зупиняє дію ферментів ґрунтових мікроорганізмів
- Здатний перетворюватися на арсенати, які рослини легко засвоюють
- Накопичується в ґрунті, що призводить до зниження родючості та екологічного балансу.

*Свинець.* Джерела забруднення включають вибухи, уламки боєприпасів та військову техніку.

- Зменшує активність ґрунтових мікроорганізмів, що призводить до зниження біодоступності поживних речовин
- Уповільнює процеси мінералізації та гуміфікації
- Здатний переміщатися у водоносні горизонти, що призводить до більшого забруднення [12].

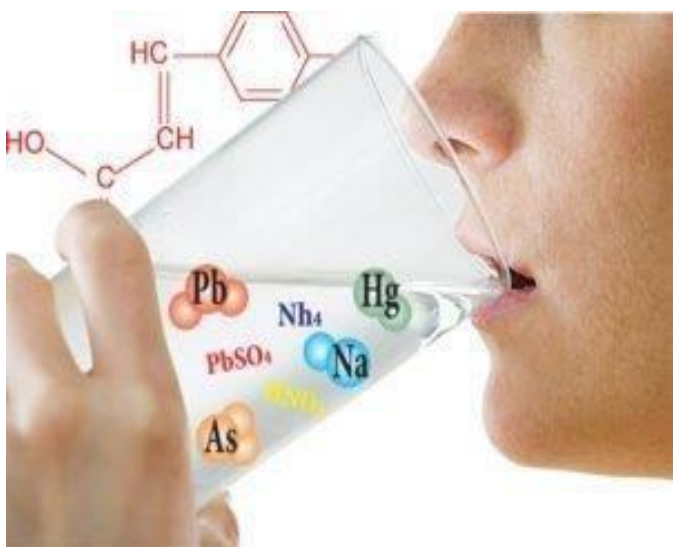
### 1.3. Вплив небезпечних речовин на організм людини

Воєнно-техногенні фактори сприяють специфічному забрудненню ґрунту. Забруднення ґрунтів важкими металами тісно пов'язане з викидами органічних забруднювачів і військовою діяльністю [19].

Таким чином, викиди забруднювачів, пов'язаних із військовою діяльністю, можуть мати прямий вплив на середовище існування та відігравати значну роль у стані здоров'я населення. Доведено, що вплив воєнно-техногенного забруднення спричиняє серцево-судинні, метаболічні, неврологічні та онкологічні захворювання [3].

Потрапляння забруднюючих речовин в організм людини підвищує ймовірність розвитку різних патологій, а також зростання та ускладнення перебігу багатьох хвороб. У надмірно високих концентраціях багато мікроелементів, включаючи необхідні для живих організмів, є шкідливими для людини [5].

Встановлено, що навіть незначні концентрації забруднюючих речовин впливають на роботу ферментів у організмі людини, впливаючи на кровообіг ядер і синтез білка, а також впливаючи на гени.



Головний біль, нудота та  
запаморочення, металевий  
присмак у роті

Можливий розвиток онкології,  
ураження печінки та нирок

Порушення роботи  
серцево-судинної системи,  
анемія

Рис.1.6. Симптоми отруєння важкими металами [15].

Після потрапляння в ґрунт «поведінка» вибухових речовин і важких металів змінюється під впливом багатьох природних процесів. Фізико-хімічні та біологічні фактори ґрунту, такі як розчинення, випаровування, адсорбція, фотоліз, гідроліз і біодеградація, контролюють швидкість їхньої міграції та трансформації. Гранулометричний і мінералогічний склад ґрунту, вміст гумусу, окисно-відновні та кислотно-лужні умови та наявність геохімічних бар'єрів впливають на рухливість забруднюючих речовин в ґрунті [35].

Час має значний вплив на поведінку поллютантів. Швидкість міграції забруднювачів підвищується через розчинні органічні речовини та підкислення ґрунту [23].

Перерозподіл поллютантів відбувається як вертикально так і горизонтально: Горизонтальна міграція найпомітніша відразу після бомбардувань і відбувається головним чином завдяки повітряному переносу. Зіншого боку вертикальна міграція залежить від багатьох факторів, включаючи дифузію іонів, перенесення з потоком вологи, перенесення корневих систем рослин, діяльність мезофауни ґрунту та діяльність людини.

Водний режим має найбільший вплив на інтенсивність міграції забруднювачів у ґрунтовому профілі. Коли поверхня реагує з металом, площа поверхні також впливає на здатність ґрунту або підземних вод затримувати важкі метали шляхом вибіркового поглинання або адсорбції. Інтенсивність закріплення важких металів також залежить від складу ґрунтоутворюючої породи, яка відрізняється за вмістом глини та органічної речовини, вологістю та швидкістю газового розширення [25].

Діоксини надзвичайно токсичні хімічні речовини, можуть потрапляти в ґрунт різними способами. Вони в основному є наслідками людської діяльності, а не створюються природним шляхом. Спалювання органічних матеріалів при високих температурах, особливо за участю хлору, є основним шляхом утворення діоксинів. Наприклад утворення діоксинів може статися в результаті неконтрольованого спалювання пластику, який містить хлор або медичні відходи. Частина цих речовин потрапляє в ґрунт із дощем або

осадам після їх спалювання. Іншим джерелом є технологічні процеси в промисловості, особливо в хімічній та металургійній також воєнна діяльність має великий вплив.

У першу чергу, діоксини впливають на організм людини через декілька основних механізмів. Діоксини належать до групи стійких органічних забруднювачів (СОЗ) і можуть накопичуватися в жирових тканинах організму та поширюватися по харчовому ланцюгу. Вони утворюються як побічний продукт спалювання хлорвмісних матеріалів, промислового виробництва та деяких хімічних реакцій. Організм людини відчуває вплив діоксинів через кілька основних механізмів. По-перше, вони взаємодіють з арил вуглеводним рецептором, також відомим як Ah-рецептором, що призводить до того, що нормальна діяльність клітин порушується. Це може призвести до імунних, ендокринних, репродуктивних і онкологічних проблем. Підвищений ризик розвитку раку, зокрема лімфом і сарком м'яких тканин, пов'язаний з тривалим впливом діоксинів. Крім того, діоксини мають здатність спричиняти тератогенні ефекти, що означає порушення розвитку плода, нейротоксичність, пригнічення функції щитоподібної залози та порушення роботи печінки. Ці речовини особливо небезпечні для людського здоров'я, оскільки вони дуже стійкі та можуть залишатися в навколишньому середовищі десятками років [5; 3].

Поліхлоровані біфеніли (ПХБ), феноли, поліароматичні вуглеводні (ПАВ) та інші речовини є також токсичними органічними речовинами, які використовуються в промисловості, в побуті, у військовій діяльності. Багато з них дуже стійкі до розкладання, що сприяє їх накопиченню в організмі.

Багато з цих речовин підвищують ймовірність розвитку генетичних аномалій і онкологічних захворювань, оскільки вони є мутагенними. Деякі з них, наприклад, феноли та фталати, мають властивості, які руйнують ендокринні клітини, що впливає на гормональний баланс і може призвести до безпліддя [14; 49].

Завдяки своїй здатності до біоаккумуляції важкі метали, такі як миш`як, свинець, ртуть, кадмій та інші, є одними з найнебезпечніших хімічних речовин. Вони мають токсичний вплив навіть у дуже низьких концентраціях. Свинець впливає переважно на центральну нервову систему, викликаючи когнітивні порушення, нейропсихологічні розлади та зниження інтелектуального розвитку у дітей. Крім того, він шкодить серцю, підвищує артеріальний тиск і може викликати нефротоксичність [49;36]

Ртуть є нейротоксичним металом, який шкодить нервовій системі, викликаючи симптоми, які починаються з тремору та закінчуються серйозними руховими та когнітивними проблемами. Метилртуть, органічна форма ртуті, здатна долати плаценту та гематоенцефалічний бар`єр, що небезпечно для плода та викликає аномалії розвитку.

Кадмій накопичується переважно в нирках і печінці, що призводить до значних порушень функцій цих органів. Хронічна експозиція може спричинити остеопороз і рак [15].

Властивості миш`яку спричиняють рак шкіри, легенів і сечового міхура. Дерматологічні проблеми, периферична нейропатія та серцево-судинні захворювання є результатами постійного отруєння миш`яком.

Синергетичний ефект: діоксини, токсичні органічні речовини та важкі метали часто діють разом, посилюючи загальну токсичність. Наприклад поєднання токсичних металів і органічних сполук може значно підвищити ймовірність розвитку неврологічних розладів або злоякісних новоутворень [36].

Через їхню здатність до накопичення, стійкість у навколишньому середовищі та різноманітний токсичний вплив, діоксини, токсичні органічні речовини та важкі метали представляють значну загрозу для здоров`я людини. Застосування комплексного підходу до боротьби з цими забруднювачами включає вдосконалення екологічних законів, розробку безпечних альтернативних технологій і підвищення обізнаності населення про ризики.

#### 1.4. Екологічні наслідки забруднення внаслідок бойових дій

Постійне руйнування навколишнього середовища підвищило усвідомлення руйнівного впливу людської діяльності на природу. Навколишнє середовище є динамічно збалансованою інтерактивною системою абіотичних компонентів (грунт, вода, повітря, клімат тощо) та біотичних факторів (флора та фауна), поряд з антропогенним середовищем. Негативні зміни в навколишньому середовищі становлять загрозу для виживання людей, флори та фауни на землі. Наприкінці 20 століття вчені все більше визнавали екологічний фактор як критично важливий для розуміння нових ризиків безпеки та потенціалу збройних конфліктів [45; 44].

Через тісний зв'язок з навколишнім середовищем, військова діяльність має довгу історію заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу в усьому світі. Серед видів людської діяльності, військові операції є значним і постійним фактором, що сприяє погіршенню стану навколишнього середовища. Тому дослідники, які зосереджуються на екологічних питаннях, ставляться до військового мислення з значним скептицизмом, оскільки існують побоювання, що рішення, розроблені у військовому вимірі, можуть прискорити розвиток конфлікту, а не вирішити екологічні проблеми або сприяти екологічному розвитку [43; 23].

Військові дії можуть завдавати шкоди навколишньому середовищу різними способами, від дуже помітних наслідків, до тих, шкідливий вплив яких можна виявити лише за допомогою спеціальних технологій дослідження. Вони можуть спричиняти широкомасштабні та довгострокові порушення навколишнього природного середовища, забруднення та великомасштабну деградацію [52; 18]

Ступінь впливу військової діяльності на навколишнє середовище залежить від існуючих екологічних умов (наприклад впливу інших джерел забруднення, таких як промислова діяльність або загальний стан навколишнього середовища до війни), характеру порушення, стійкості біологічних систем, а також від тривалості впливу. Однак численні

дослідження показали, що ступінь впливу, а саме серйозність екологічних порушень та деградації, безпосередньо пов'язаний з інтенсивністю та масштабами військової діяльності. Основним фактором щодо впливу військової діяльності на навколишнє середовище є те, що на нього значною мірою впливає мілітаризація (поширення військових пріоритетів на цивільні функції). Сучасні військові дії можливі лише за умови широкого використання викопного палива (нафти), ядерного палива, токсичних речовин, хімікатів та вибухових речовин [7; 44].

Забруднення важкими металами, небезпечними хімічними речовинами та вибуховими речовинами є однією з найважливіших екологічних проблем у військовій інфраструктурі, що має значний потенціал для забруднення прилеглих територій та суміжних цивільних регіонів. Загальний негативний вплив пов'язаний з будівництвом складних військових інфраструктурних об'єктів, таких як бази та полігони в рамках військових заходів з розвитку, включає деградацію середовища існування та ґрунтів, а також хімічне забруднення [31; 32].

Наслідки воєнних дій для ґрунтового середовища часто недооцінюють в порівнянні з втратою людських життів та об'єктів інфраструктури. Але погіршення якісних властивостей ґрунту значно знижує його продуктивні функції протягом тривалого періоду часу. Однак для ґрунтів характерно відновлювати свої функціональні властивості та підвищувати продуктивність, яка змінюється з часом залежно від типу ґрунту, воєнно-техногенного впливу та ландшафту. Воєнно-техногенна спадщина часто нівелюється відновленням та навіть розширенням педогенезу. Гіпотеза гетерогенного забруднення внаслідок воєнно-техногенного навантаження стверджує що біорізноманіття зростає в місцях, де існують різні типи та інтенсивності порушень, а впливи, що відбуваються в ландшафті, різні за тривалістю та обсягом [31].



*Рис.1.7. Порушення ґрунтового покриву, внаслідок бойових дій [35].*

Припускається, що ландшафти, створені гетерогенними порушеннями, створюють середовище існування, придатне для видів, стійких до цих порушень, а також для видів, які з'явилися в ландшафтах, які були зумовлені цими порушеннями [55].

Використовуючи рівні інтенсивності бойових дій і враховуючи різні види бойових забруднень, проводиться оцінка воєнно-техногенного навантаження на ґрунти пост воєнних ландшафтів. Один із цілей еколого-геохімічної оцінки ґрунтів на місцях бойових дій є визначення складу та структури факторів, які є важливими для воєнного стану технологічного навантаження та взаємозв'язки між ними [52].

З 24 лютого 2022 року в Україні відбуваються масштабні бойові дії з порушенням ґрунтового покриву. Цей тип порушення поділяється на дві категорії. Перша категорія включає прямі механічні деформації ґрунтового покриву та теплове забруднення, а друга- забруднення поверхні. Вторинні це результати невиконання стратегічних заходів пост воєнного відновлення, таких як підтоплення, пірогенна деградація та де гуміфікація [53; 35].

Воєнні дії на ґрунт різними механічними, фізичними та хімічними засобами. Такі впливи руйнують структуру та функції ґрунтової екосистеми,

погіршуючи фізико-геохімічні властивості. Комплекси порушень можуть відрізнятися залежно від типу військового об'єкта, від типу бойових дій, зміни рельєфу поверхні, ґрунтів(воронки вибухів, наслідки руху техніки), захисних споруд(окопів, бліндажів, вогневих точок, протитанкових споруд, тощо), забруднення верхніх горизонтів ґрунтового покриву продуктами бойової діяльності, захаращенням поверхні(залишками бойових техніки, захисних споруд, осколками тощо). Воєнно-техногене навантаження може спричинити знищення рослинності, порушення ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження та опустелювання. Як наслідок цього біологічні популяції та види значно скорочуються, а зміни ландшафтних структур і функцій посилюють втрату біорізноманіття. Наступні підрозділи описують різні види впливів і їхні наслідки для ґрунту [50].

Руйнування інфраструктури, пов'язаної з водопостачанням та водовідведенням, хімічне забруднення, відключення електроенергії об'єктів, що скидають стічні води на сьогодні становлять загрозу не тільки для водних ресурсів, але в цілому для екосистеми [24].

В більшості населених пунктів вздовж лінії були зафіксовані пошкодження комунальних каналізаційних і водопровідних мереж; крім того, системи водопостачання та водоочищення неодноразово порушувалися, що призвело до стихійного забруднення. Токсичні речовини, що містяться в залишках боєприпасів, просочуються в ґрунт і впливають на якість поверхневих і підземних вод, створюючи потенційні загрози для здоров'я населення. Важкі метали, ракетне паливо та різні сполуки можуть спричинити ризики [21; 18].

## **1.5 Світовий досвід щодо очистки ґрунтів внаслідок бойових дій**

### **1.5.1 Франція**

Франція. Після Першої світової війни, значно змінився ґрунтово-рослинний покрив Європи, особливо у Франції, де відбулася значна частина бойових дій на західному фронті. Основні метали такі як мідь і свинець, а

також боєприпаси, що не розірвалися, є головними забруднювачами ґрунту. В першу чергу такі процеси, як бомбардування та утворення кратерів вплинули на формування ґрунту, а ґрунтовий профіль часто перемішувався. Латунні металеві фрагменти, які є найбільш стійкими до корозії, часто трапляються в досліджуваних ґрунтах [38].

Забрудненість ґрунту залежала від кількості артилерійських снарядів, випущених на різних ділянках. Мейрвенн і його колеги виявили високі концентрації міді та свинцю в ґрунті під час дослідження території навколо Іпра, яка була місцем першої битви за Іпр у 1914 році, Другої битви за Іпр у 1915 році та Третьої битви за Іпр у 1917 році [54].

Підвищений вміст міді у ґрунті становив 17 мг/кг, але під час дослідження землі навколо Іпра вони виявили, що 1,2 відсотка їхніх даних перевищували 200 мг/кг, а третина містила рівні міді, що перевищували фонове порогове значення 17 мг/кг. Тим не менш, рівень забруднення залежав від місця, причому в ґрунті в деяких місцях було значно більше свинцю та міді [34; 35].

Згідно з дослідженням, ґрунт всередині локацій бойових дій мав концентрації міді від 10 до 60 мг/кг, а ґрунт за межами зони бойових дій, трапляються ділянки, на яких спостерігаються значно більша кількість зразків зі значно вищим вмістом  $Cu^{2+}$ . Дослідження показало, що в ґрунтах навколо зон битв Першої світової війни було виявлено «збільшену кількість миш'яку», який використовувався для виготовлення хімічної зброї, особливо в місцях спалювання боєприпасів. Це все ще має вплив на людей, які живуть у цих місцевостях і те саме дослідження виявило, що забруднені іпритом ґрунти «протягом багатьох десятиліть становлять як гострі так і хронічні ризики для здоров'я людей, а також для ґрунтових вод». Окрім забруднення ґрунту, Перша світова війна також порушила ґрунтовий покрив через наступальні та оборонні дії, такі як будівництво окопів і артилерійські обстріли. Дослідження показали, що «значні людські порушення ґрунту в оборонних цілях були пов'язані з широкими системами траншей на

Західному фронті. Як наслідок, ґрунтовий профіль порушився та перемішувався, що призвело до переривання педогенезу, процесу утворення ґрунту. Крім того, артилерійський вогонь завдав шкоди ґрунтовому покриву [36].

Однією із перших організацій, які займалися відновленням сільськогосподарських земель, була служба з відновлення Західної Фландрії. Місцеві фермери отримували консультації від цієї організації, а також підтримку з відновлення орних земель. Зростаючий Французький союз сільськогосподарської синдикатів Єни на початку 1920-х років пояснюється післявоєнною відбудовою. Переважно в регіонах, де були засновані сільськогосподарські підприємства, виникали переважно у сільських районах. Мета їхніх протестів була зменшити державну інтервенцію. Частково державні та міжнародні некомерційні організації займалися відновленням окупованих територій. Одним із відомих прикладів є Комітет зруйнованої Франції (*Comite Americain pour les Regions Devastees*), який допомагав у соціальній реконструкції села в Єні, він також надавав сільськогосподарський реманент, посівне насіння та худобу [44].

Немає достатніх даних про те, на якому рівні міжнародні благодійні організації брали участь у відновленні сільської місцевості після війни. За десять років після завершення війни більша частина прифронтової території була відновлена. Ліси були заново висаджені, а сільськогосподарські угіддя були повернені в користування. Винятком стала «Червона зона», що простяглася від Лілля на півночі Франції до Нансі на південний захід. Уряд Франції оголосив цю землю непридатною для проживання через хімічне забруднення та наявність нерозірваних боєприпасів [20].

До 1919 року звільнені території Франції були розділені на три зони за ступенем зруйнованості:

«Зелені зони» з найменшим руйнуванням;

«Жовті зони», з важкими, але обмеженими пошкодженнями;

«Червоні зони», зазвичай найближчі до колишніх ліній фронту, які були повністю знищені [38].

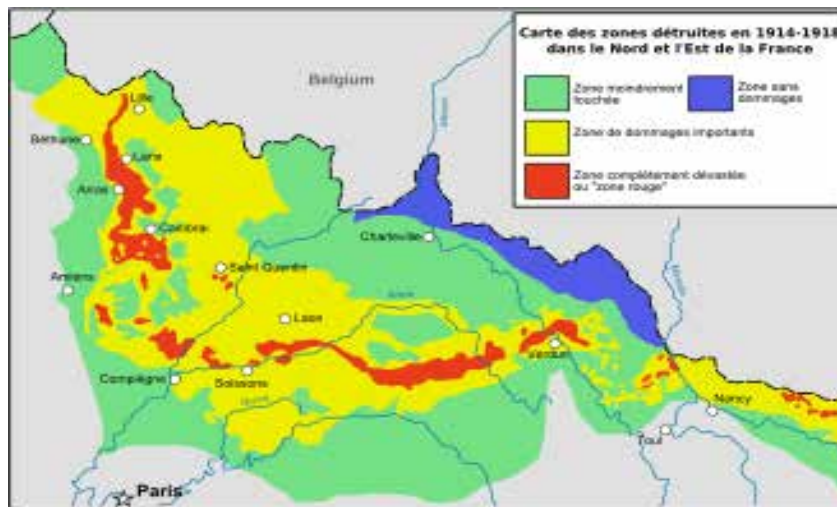


Рис.1.8. Розподілення території Франції на зони [38].

Зелена та Жовта зони були повернені до використання. Переважна більшість порушень ландшафту відбулися в червоних зонах. Вони були очищені лише поверхнево, французька служба Securite Civile, яка відповідає за відновлення земель, стверджує, що за поточними темпами може знадобитися до 700 років, щоб повністю очистити всі залишки снарядів і гранат Першої світової війни, які були залишені на території Франції.

### 1.5.2 Німеччина

Більшість речовин воєнно-техногенного походження знаходяться на багатьох територіях, де дислокувалися військові підрозділи протягом як світових воєн, так і холодної війни. Майже 3% земель Німеччини були використані для військових цілей. В колишній Західній Німеччині це об'єкти збройних сил самої Німеччини та її західних союзників (США, Велика Британія, Канада, Бельгія та Нідерланди). Це охоплювало території, які належали як Національній народній армії Німецької Демократичної Республіки так і радянським збройним силам у Східній Німеччині. Зараз у Німеччині покинуті військові об'єкти займають приблизно 1900 квадратних миль [20].

Через великий попит на вільні землі в густонаселених районах Німеччини більшість колишніх полігонів НАТО в Західній Німеччині були продані приватним особам. В результаті місця, які є надзвичайно забрудненими, де відновлення були надзвичайно складними і отже ніколи не продавалися, залишалися під контролем Федерального уряду Німеччини або вищезгаданих Федеральних земель. Наразі вони належать природоохоронним фондам або адміністраціям федеральних земель. Вважається, що всі колишні військові полігони повинні бути досліджені та можливо відновлені до використання в інтересах громади [45].

З 1991 року покинуті військові об'єкти було передано у власність уряду Німеччини, що робить німецький уряд відповідальним за більшу частину забруднених земель. Тим не менш, для відновлення цих територій потрібні були адаптовані до ступеня забруднення. Ці методи мали б бути здатними змінити динаміку збурень, спричинених військовими операціями. Федеральний уряд та Німецький інститут федеральної нерухомості відповідають за землі, які використовувалися німецькими збройними силами в минулому( включно з Федеральними збройними силами та Національною народною армією Східної Німеччини), землі які використовувалися союзниками після Другої світової війни (західні союзники та збройні сили колишнього Радянського Союзу), а також за землі, які використовуються військами, дислокованими в Німеччині відповідно до двосторонніх договорів або НАТО. Відповідальність за різні категорії земель належить на різні гілки уряду [35].

Доки дослідження не доведуть що територія не становить небезпеки для навколишнього середовища та людей, військові об'єкти вважаються потенційно забрудненими. Після цього досліджуваний регіон відповідає екологічним правилам німецької території. Незважаючи на масштаби проблеми, на національному рівні не було розроблено жодних рекомендацій щодо очищення територій. Тим не менш, кілька законів було прийнято, щоб розширити повноваження комітетів загального нагляду, щоб вони могли

краще співпрацювати зусиллями з відновлення. Закони на національному рівні регулюють відновлення забруднених територій. Комітет міністрів охорони навколишнього середовища та спільна робоча група були створені, щоб узгодити законодавство Німеччини щодо відходів, води та ґрунту. Деякі з цих законів стосуються видалення речовин, пов'язаних із воєнно-техногенним використанням. Але вони охоплюють лише їх санацію на цивільних об'єктах, а не лише на військових об'єктах [20; 45]

Німеччина є єдиною країною, яка офіційно запровадила поетапну еколого-геохімічну оцінку забруднених територій і територій забруднених речовинами воєнно-техногенного навантаження. Підхід, заснований на небезпеці, або ретроспективний, визначає токсичну речовину та прогнозує її поведінку, щоб зменшити небезпеку. В рамках цієї роботи проводиться додаткова оцінка запобіжних заходів на основі систематизованих характеристик забруднюючих речовин. Індивідуальні оцінки речовин потребують небагато даних, які потрібно задокументувати. Результати комплексної оцінки повинні бути надзвичайно близькими до реального стану речей. Результати досліджень і оцінок показують, що понад 80% досліджених територій, які були колишніми військовими об'єктами в Саксонії, мають тривалий вплив на ґрунтовий покрив [48].

Протягом багатьох років кілька моделей оцінки ризику використовувалися для оцінки територій, які були піддані воєнно-техногенному впливу. Підсумкове значення, отримане завдяки моделям, використовується для визначення пріоритетів розвитку території відповідно до потенційного ризику як для населення, так і для навколишнього природного середовища. Незважаючи на те, що існує 65 різних оцінок, пріоритетність реабілітації забруднених територій також залежить від інших факторів, таких як політичні рішення, приватизація, регіональне планування та вимоги влади. Модель PRISAL, яка враховує політичні та соціально-економічні фактори, впливає на пріоритетність очищення забруднених ділянок, однак вона поки що не використовується в управлінні.

Аналіз еколого-геохімічного стану забруднених земель здійснюється окремо від загального поняття «чистих» територій. Використання визначає систему заходів відновлення. Більшість заходів з відновлення виконують німецькі військові [34; 20].

### **1.5.3 Сполучені Штати Америки**

У Сполучених Штатах землі, забруднені речовинами, що походять від військової та промислової діяльності, належать Міністерству оборони. З цієї причини Міністерство оборони несе відповідальність за їх рекультивацію і не може здавати ці землі в оренду до тих пір, поки дослідження не підтвердять, що вони можуть використовуватися за призначенням. Міністерство оборони США першим створило в 1970 році організацію, що займається моніторингом навколишнього середовища у формі системи екологічного менеджменту. Згодом інші країни також почали прагнути до зниження навантаження на навколишнє середовище від військової та техногенної діяльності аналогічним чином. Міністерство оборони США контролює 1400 військових об'єктів загальною площею 10млн акрів. Процес очищення ґрунту разом із закриттям військових баз розпочався, коли Конгрес прийняв закон про комплексне реагування на екологічні загрози, компенсації та відповідальність (1980 р.) [34].

Відповідно до цього закону уряд приступив до процесу очищення ґрунту, забрудненого небезпечними військовими відходами. У той же час, території, які раніше перебували під впливом військової діяльності та піддавалися значному антропогенному впливу, за які відповідають місцеві органи влади, можуть самостійно ініціювати питання, що стосуються їх рекультивації. Програма Fast-tracking була впроваджена з метою прискорення процесу очищення цих територій, щоб повернути їх місцевим громадам. Визнаючи важливість військових об'єктів для збереження біологічного різноманіття, США почали рекультивацію колишніх військових полігонів, щоб вони служили як природні заповідники [44].

До 2014 року були розроблені заходи для 15 таких територій з метою сприяння та збереження біологічного різноманіття цих регіонів. У 2011 році 15% із 130 великих військових баз, закритих з 1988 року, були перейменовані в національні природні заповідники, які управляються Американською службою рибальства та дикої природи, але право власності на землю залишається за Міністерством оборони. Заходи з ренатуралізації набули чинності після прийняття Конгресом Закону про уповноваження на оборону, 1986 рік [36].

Закон вимагав від Міністерства оборони знищити всі біологічні та хімічні запаси до кінця вересня 1994 року. У 1988 році до закону були внесені поправки, що продовжують термін до 1997 року. Однак однією з найбільших проблем є те, що боєприпаси, які не вибухнули, не вважаються токсичними. Це означає, що очищення території від боєприпасів не підлягає під дію закону про захист ресурсів і рекультивацію, який покриває витрати на очищення інших забруднених територій. Виділення фінансів на території з найменшими вимогами до очищення, які також мають найбільший потенціал з точки зору вартості землі та цінності для сусідніх громад, було порушено в «п'ятипунктному плані» президента Клінтона. Цей план включає заходи з очищення військових об'єктів [34; 45].

Шляхом планування, орієнтованого на повторне використання. Стандарти щодо вилучення боєприпасів і вибухових речовин, визначені в законі про комплексні заходи реагування на екологічні загрози, компенсації та відповідальності, регулюють процес рекультивації території. Право на реалізацію цього закону належить президенту США а виконавчий указ №12580( від 23 січня 1987 року) призначає агентство з охорони навколишнього середовища, а кості головного агентства, що контролює рекультиваційні роботи. Міністерство оборони також має повноваження реагувати на видалення забруднень з приватних земельних ділянок. У зв'язку з цим, відповідальне федеральне агентство, яке є власником земельних ділянок, призначається «провідним агентством» в області реалізації заходів

реагування, в той час як Агенство з охорони навколишнього середовища США зберігає за собою наглядову роль. Існує вимога про підписання міжвідомчої угоди між Агенством з охорони навколишнього середовища та провідним реагуючим агентством, включеним до національного списку пріоритетів, з метою прискорення процесу очищення. Крім того, відповідно до поправок, закон про допомогу в реагуванні на екологічні загрози вимагав від Агентства з охорони навколишнього середовища узгодити з Міністерством оборони США рівні забруднення.

План землекористування затверджує тип власності, конкретне використання землі та будь-які вимоги до «чистоти ґрунту», які уряд США повинен виконати, перш ніж ґрунт може підлягати експлуатації. При розробці плану землекористування враховується ряд факторів, а саме екологічні та економічні умови. Для продажу або оренди земельної ділянки для конкретного виду використання Міністерство оборони зобов'язане провести різні оцінки ризиків, пов'язаних з даною ділянкою, з метою визначення належних заходів щодо її рекультивації залежно від виду та ступеня забруднення [34; 44].

На практиці, повноваження щодо затвердження землекористування для конкретних цілей можуть бути ускладнені зовнішніми факторами, такими як втручання Конгресу з метою врегулювання суперечок про майбутнє землекористування, місцева політика та групи зацікавлених сторін. В ході цього процесу Міністерство оборони зазвичай консультується з державними та місцевими органами влади, а також з федеральними органами управління земельними ресурсами, такими як Бюро управління земельними ресурсами. Лісова служба та Служба рибного та дикого тваринного світу та відповідними зацікавленими сторонами щодо пропонованого використання земельних ділянок та безпечного їх використання [20].

Громадська думка може впливати на рішення на місцевому рівні, оскільки місцева комісія з планування зазвичай вимагає від Міністерства оборони збирати та враховувати результати громадських обговорень або

проводити публічні слухання. Це робить весь процес затвердження певною мірою об'єктивним, оскільки громадська думка може впливати на його затвердження.

#### **1.5.4 Велика Британія**

Проблема забруднення земель речовинами воєнно-техногенного походження у Великій Британії має історичні передумови, що сягають періоду Другої Світової війни. Масові авіаційні удари та використання різноманітних систем озброєнь зумовили накопичення техногенних відходів, які суттєво вплинули на стан довкілля. Внаслідок цього в державі була запроваджена політика, відповідно до якої відповідальність за ліквідацію наслідків забруднення покладається не на військові структури, а на приватних землевласників. Разом з тим, у практиці екологічного управління простежується тенденція до взаємодії органів місцевої влади із власниками земель, що передбачає спільне фінансування та реалізацію заходів з рекультивзації територій [34].

Особливе місце в системі екологічного контролю посідають так звані «спеціальні об'єкти», які підпорядковуються Агентству з питань довкілля. До них, зокрема, належать земельні ділянки, що використовувались збройними силами, а також території, на яких здійснювалися виробництво чи утилізація хімічної та біологічної зброї. З огляду на це, питання моніторингу, відновлення та подальшого використання подібних земель набуває особливої актуальності в контексті екологічної політики Великої Британії [20].

Окремий аспект нормативного регулювання у Великій Британії стосується земель, що перебувають у власності Міністерства оборони. На відміну від цивільних землевласників, Міністерство оборони зобов'язане відповідати не лише за екологічний та геохімічний стан таких територій, а й гарантувати, що будь-які земельні ділянки, передані у приватну власність або надані в оренду, не становитимуть загрози для населення через потенційне забруднення. Водночас ця вимога не забезпечує повного охоплення усіх

територій санаційними заходами, оскільки значна частина ділянок може залишатися ураженою воєнно-техногенними відходами. Загальна система управління післявоєнними територіями у Великій Британії побудована таким чином, що більша частина відповідальності покладається саме на приватних власників землі. У межах цієї регуляторної моделі відсутні чітко визначені державні вказівки щодо управління такими ділянками, а також не встановлені національні кількісні стандарти для здійснення комплексної еколого-геохімічної оцінки [35].

Подібний стан справ ускладнюється і тим, що громадські та неурядові організації не мають у своєму розпорядженні стандартизованих методик оцінювання рівня забрудненості, що підтверджувало б їхню надійність і наукову обґрунтованість. У відповідь на цей недолік Асоціація досліджень та інформації будівельної промисловості (BRE) розробила спеціальний довідник, присвячений питанням ідентифікації та управління ризиками, пов'язаними з вибухонебезпечними речовинами. Документ орієнтований на приватних землевласників, забудовників та представників будівельної галузі і містить рекомендації щодо двоетапного підходу до управління ризиками: попередньої оцінки небезпеки та подальшого детального аналізу ризиків. Попри відсутність детальних державних інструкцій, Міністерство оборони застосовує власний формалізований підхід до кількісного оцінювання небезпек, що походять від забруднених земель. Цей підхід базується на комплексній оцінці якості ґрунтів, яка включає : стратегічне попереднє дослідження ділянок і визначення їхньої пріоритетності, виконання польових та камеральних обстежень, проведення поглибленого аналізу окремих територій, визначення можливих сценаріїв їх використання та узгодження подальших дій із місцевими органами влади [45].

Результати такої оцінки дозволяють визначити рівень хімічного забруднення та залишковий ризик, тобто ймовірність шкідливого впливу після реалізації заходів з його мінімізації. Для класифікації застосовується

чотирибальна шкала, де ризики варіюють від «найменш імовірних» до «найбільш імовірних» [25].

На основі цієї шкали встановлюються чотири діапазони рівнів небезпеки- від мінімального до високого, кожному з яких відповідає певний набір обов'язкових заходів контролю. Варто зазначити, що у національному контексті відсутнє офіційне поняття «чистої» території, що ускладнює процес стандартизації відновлювальних заходів. Таким чином, попри спільну відповідальність Міністерство оборони та цивільних власників земель за відновлення післявоєнних територій, досі не існує єдиного ефективного методологічного підходу, який би уніфікував практики рекультивациі та гарантував екологічну безпеку населення [36; 44].

### **1.5.5 Колишня Югославія**

Характер війни та загальна оцінка негативного впливу на навколишнє середовище.

На території колишньої Республіки Югославія (Південно Східна Європа) у 991-2001рр. протягом багатьох років було чимало збройних конфліктів:

1. Війна за незалежність Словенія (1991)
2. Війна за незалежність Хорватії (1991-1995)
3. Війна в Боснії (1992-1995), включаючи операцію НАТО в Боснії та Герцеговині (1995)
4. Війна в Косові (1998-1999), включаючи операцію НАТО в Югославії (1999)
5. Конфлікт у Південній Сербії (2000-2001)
6. Конфлікт у Македонії (2001) [10].



Рис. 1.9. Війна за незалежність Хорватії (1991-1995) [10].

У ході воєнних дій на території колишньої Югославії було завдано значної шкоди довкіллю, що несло за собою відчутні наслідки не лише для регіону а й для сусідніх держав Південно-Східної Європи. Зокрема, операція НАТО проти Югославії, яка тривала з 24 березня до 5 червня 1999 року під час конфлікту з Косово, супроводжувалася масованими ударами по промислових і транспортно-енергетичних об'єктах [10; 11].

Основними мішенями стали території Сербії (включно з Воєводиною та Косово), а також частково Чорногорії. Руйнування виробничих потужностей та інфраструктури призвело до масштабних викидів шкідливих речовин, що забруднили ґрунти, поверхневі та підземні води та атмосферне повітря. За оцінками, на Балканах було зафіксовано понад сотню токсичних сполук, що виникли внаслідок цих дій [10; 20].

Особливу загрозу становило використання боєприпасів зі збідненим ураном- НАТО застосувало близько 31 тисячі таких снарядів. Висока інтенсивність авіаційних операцій понад 34 тисячі вильотів менше ніж за 3 місяці, значно збільшила концентрацію забруднювачів у повітрі та опадах. Внаслідок авіаударів та ракетних атак було зруйновано 78 промислових підприємств і 42 об'єкти енергетики, серед яких трансформаторні станції в

Белграді, Панчево, Новому Саді, Приштині та інших містах. Пожежі й руйнування на цих територіях спричинили витoki токсичних речовин у річкові системи (зокрема Дунай) та атмосферу, що поглибило екологічну кризу. Додатково постраждали заповідні ландшафти і природоохоронні території [54; 48].

*Основні наслідки для ґрунтового покриву полягали в наступному:*

- Локальне руйнування структури ґрунтів у місцях бомбардувань та обстрілів
- Деградація сільськогосподарських земель Албанії та Північної Македонії, зокрема на територіях, що межували із заповідниками, через розміщення таборів для біженців, де відсутні належні санітарні умови, функціонували стихійні сміттєзвалища та відбувалась неконтрольована вирубка лісів
- Мінні поля, що утворилися переважно в Косово, створили довготривалу загрозу для довкілля й використання земель

Таким чином, військові дії 1999 року стали причиною комплексної екологічної катастрофи, наслідки якої мали як локальний так і транскордонний характер [45; 44].

З іншого боку, воєнні дії спричинили й певне зниження антропогенного навантаження сільського господарства на довкілля. Це пояснюється руйнуванням підприємств із виробництва мінеральних добрив (передусім у Сербії), примусовим переселенням населення, знищенням сільських поселень і мінуванням територій, особливо в Косово. Через замінування, значні площі сільськогосподарських угідь залишалися недоступними, що гальмувало відновлення аграрної діяльності. У Боснії, наприклад, орні землі та пасовища, втративши господарське призначення, поступово заростали чагарниками [36].

Однією із ключових проблем післявоєнного розвитку країн, які постраждали від збройних конфліктів, була слабкість інституційної системи,

зокрема у сфері вирішення екологічних питань. Виокремлюють три основні складові цієї проблеми:

1) Порухення системи управління довкіллям. Воно було настільки серйозним, що унеможливило ефективне реагування на післявоєнні екологічні виклики. Відсутність дієвих інституцій могла лише посилювати негативні наслідки конфлікту.

2) Недостатність ресурсів і моніторингових механізмів. У країнах регіону (Албанія, Північна Македонія, Румунія) бракувало інструментів для фіксації та оцінки реальних екологічних втрат. Це не дозволяло адекватно планувати заходи з їхнього усунення.

3) Скорочення діяльності неурядових організацій. Унаслідок політичних обмежень і браку ресурсів їхня робота в Югославії була згорнута, а транскордонні екологічні ініціативи фактично припинилися. Це ускладнило залучення місцевого населення до прийняття рішень. Як приклад- ситуація в Косово, де міжнародні структури діяли паралельно, але без належної інтеграції з місцевими громадами [34].

На наддержавному рівні основні програми допомоги Європейського Союзу у Сербії (включно з Косово), Чорногорії та Північній Македонії реалізувало Європейське агентство з реконструкції (до 2008 р.). Серед його завдань було й вирішення екологічних питань, зокрема у сфері сільського розвитку, водних ресурсів та інфраструктури [24].

Окремим прикладом є війна в Хорватії, що завдала значних збитків довкіллю. Через бойові дії території зазнали забруднення мінами, токсичними хімічними речовинами, відбулося масове знищення природних екосистем. Використання звичайних видів озброєння супроводжувалося викидами шкідливих речовин у повітря, воду та ґрунт. Дослідження показали, що у зонах інтенсивних бойових дій концентрації миш'яку, ртуті та свинцю значно перевищували норми встановлені національним законодавством, а в окремих випадках виявлялися навіть вище за допустимі показники для аграрного виробництва. У зразках ґрунтів із зон активних

бойових дій також зафіксовано підвищений вміст міді, цинку, нікелю фосфору та барію. Непрямий вплив на довкілля був пов'язаний із руйнуванням хімічних підприємств. Через відсутність діючих очисних систем токсичні речовини безперешкодно потрапляли у воду й ґрунти, завдаючи додаткової шкоди природному середовищу [11; 10].

У 1997 році в Республіці Хорватія були розроблені напрями відновлення як сільських так і міських територій, що зазнали руйнувань унаслідок воєнних дій.

Окрему увагу приділяли відновленню культурного ландшафту, зокрема пам'яток, які постраждали під час конфлікту. У сфері перспективного використання сільськогосподарських земель акцент робився на застосуванні екологічно орієнтованих підходів. Хоча безпосередньо не підкреслювалося питання забруднених під час війни ґрунтів, запропоновані інструменти сталого управління мали включати і заходи з їхнього відновлення. До таких інструментів відносилися:

- 1) Національні програми, що розглядають ґрунт як ключову природну основу для забезпечення потреб місцевого населення
- 2) Законодавчі та нормативні акти, які потребують вдосконалення та практичного впровадження, щоб підтримувати принципи сталого землекористування й водночас обмежувати вилучення продуктивних орних земель для несільськогосподарських потреб.
- 3) Методи сталого господарювання, орієнтовані на конкретні екосистеми чи водозбірні території. Прикладами таких підходів є ландшафтне планування, що передбачає інтеграцію традиційних і місцевих практик землекористування у сучасні системи управління ґрунтами. Також пропонувалося оцінювати вартість ґрунтів і екосистем у рамках економічної звітності, щоб підкреслити їхню значимість у суспільному розвитку.

Таким чином, досвід Хорватії свідчить про прагнення поєднати процес відновлення територій після війни з довгостроковими екологічними цілями, що базуються на принципах сталого розвитку[35].

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Умови проведення досліджень

Село Мощун розташоване в Бучанському районі Київської області, на північний захід від столиці України-Києва. Воно лежить неподалік мальовничої річки Ірпінь, серед лісистих рівнин.

Природа Мощуна- гармонійне поєднання лісів, луків і водних ландшафтів. Через близькість до річки Ірпінь у навколишніх заплавах утворюються невеликі болота та озерця, де машкають безліч птахів і водних рослин.

Ґрунти у Мощуні переважно дерново-підзолисті та супіщані, легкі за складом, добре прогріваються і придатні для вирощування різноманітних культур, зокрема зернових та овочевих. Завдяки близькості до річки та лісових масивів, село має значний природний потенціал і відоме своєю мальовничою природою [42].



Рис.2.1. с.Мощун на карті [42].

### 2.2. Методика досліджень

#### 2.2.1. Визначення кислотності

Вимірювання рН ґрунту в розчинні КСІ використовується для визначення «сольової кислотності» яка більш точно показує доступність елементів живлення та потенційну токсичність алюмінію чи марганцю для рослин [4].

*Сама процедура визначення проводиться таким чином:*

Готують 1-нормальний розчин хлориду калію (1мКСІ). У колбу наважують 10г просушеного підготовленого зразка ґрунту і додають об'єм розчину КСІ у пропорції 1:2,5 (ґрунт:розчин). Суміш ретельно перемішують, для того щоб іони калію витіснили іони водню та алюмінію з ґрунтового поглинального комплексу (ГВК) в розчин, далі залишити суміш настоюватися на день. Після настоювання, необхідно профільтрувати суміш і надалі працювати з прозорою частиною розчину. Для вимірювання необхідно попередньо відкалібрований електрод рН-метра занурити у прозорий розчин, та чекати 1 хвилину поки прилад вимірює. Прилад показує значення кислотності, яке буде, як правило, нижчим ніж при вимірюванні у водній витяжці. Це пов'язано з тим, що КСІ «показує» приховану кислотність ґрунту, не видиму при використанні звичайного водного розчину [1].



*Рис. 2.2. Вимірювання кислотності (розроблено автором)*

### 2.2.2. Визначення вмісту важких металів

Ґрунти можуть бути забруднені внаслідок накопичення важких металів та металоїдів через викиди з швидко зростаючих промислових районів, військових дій, відходів гірничовидобувної промисловості [6].

Важкі метали є одними з найбільш небезпечних токсичних речовин для здоров'я людини та довкілля. Відомості стосовно визначення терміну «важкі метали» як за питомою вагою та атомною вагою і атомним номером в періодичній системі хімічних елементів, так і за ознакою токсичності. Увага приділяється, щодо переліку важких металів, окрім хімічних елементів з питомою вагою не менше 5 г/см<sup>3</sup>, відносяться певні токсичні «легкі метали», які мають питому вагу менше 4,5 г/см<sup>3</sup>, а також деякі напівметали. До того ж, у різних країнах є певні відмінності у належності хімічних елементів до групи «важкі метали» [2; 1]

Важкі метали складають нечітко визначену групу неорганічних хімічних небезпек і найчастіше на забруднених ділянках зустрічаються свинець (Pb), цинк (Zn), кадмій (Cd), мідь (Cu), залізо (Fe) та нікель (Ni) [31].

Високий вміст важких металів в ґрунтах може потрапляти у водне середовище, ґрунтові води та рослини через процеси перенесення і доходити до тварин та людей. Тому використання простих і точних методів моніторингу важких металів має велике значення в екологічних дослідженнях.

Атомно-спектральні методи аналізу широко використовуються для визначення забруднюючих речовин у природному середовищі. До цих методів належать атомно-флуорисцентні, атомно-емісійні та атомно-абсорбційні методи [1].

Кожен із наведених методів має свої переваги та недоліки, які визначають коли який краще використовувати. Атомно-абсорбційний метод аналізу базується на атомізації проби та здатності вільних атомів поглинати

електромагнітне випромінювання відповідної частоти. Він є одним із поширених методів дослідження вмісту важких металів у природних об'єктах.

Даний метод вимагає попередньої пробопідготовки донних відкладів, ґрунтів, відходів і біоти, перш ніж вводити проби в атомізатор у рідкому стані. Для атомізації рідкої проби використовують полум'я, індуктивно зв'язану плазму чи електротермічні атомізатори, такі як тиглі, нагріті електричним струмом або графітові трубки [6; 2].

#### Відбір та підготовка зразків ґрунту

Зразки ґрунту необхідно відбирати з верхнього шару ґрунту на глибині 5-20 см методом конверта, за допомогою ґрунтового бура або лопати, після ручного видалення листя, рослинності, каміння. Відібрані проби ґрунту пересипали у підготовлені промарковані поліетиленові пакети (кожна проба супроводжується етикеткою, на якій має бути вказане джерело забруднення, його місце розташування) та транспортували до лабораторії. Так як відібрані зразки вологі, їх слід просушити природнім шляхом без використання сушильної техніки. Після сушіння ґрунт необхідно просіяти через сито з отворами не більше 2мм для видалення дрібних камінців і т.д, після чого пересипати вже підготовлений ґрунт до промаркованих крафтових пакетів [38].

#### Мінералізація

Для проведення пробо підготовки проб ґрунту необхідні такі прилади та хімічний посуд:

- Колби для розкладання ґрунту- 250мл
- Сушильна шафа
- Фільтрувальний папір
- Дистильована вода
- Аналітичні ваги здатні до точного зважування з точністю до 0,01г
- Джерело нагрівання регульоване, здатне підтримувати температуру 90-95°C (наприклад нагрівальна плита)

- Воронка
- Мірний циліндр
- Мірні колби-50мл
- Реагенти:
- Азотна кислота (69%),  $\text{HNO}_3$

Необхідно зважити по 2г кожної проби та помістити у колбу та залити 10мл 5н $\text{HNO}_3$ , закрити колби кришкою та поставити варитися на плиту протягом 3х годин, дотримуючись інструктажу з техніки безпеки, тобто під витяжкою. Важливо не допустити того, щоб розчин у колбі почав кипіти [1].



*Рис. 2.3. Підготовка зразків до подальшого аналізу (розроблено автором)*

Після варіння необхідно почекати щоб проби охолонули до кімнатної температури тільки після чого можна знімати кришки та приступати до фільтрації. Після фільтрації необхідно розбавити отриманий розчин дистильованою водою, та розлити по пробіркам. Після чого необхідно отриманий розчин розвести 1:10 (1мл отриманого розчину, відповідно 10мл дистильованої води) і знову розлити по пробіркам. Тепер це є підготовлені проби до проведення атомно абсорбційної спектрометрії.

*Загальні принципи атомно абсорбційної спектрометрії та умови проведення ААС-дослідження*

*Атомно-абсорбційна спектрометрія (ААС)* є одним з найпоширеніших і найточніших методів визначення вмісту важких металів у різних об'єктах середовища, зокрема в ґрунтах. Принцип методу базується на здатності вільних атомів металів у газовій фазі поглинати електромагнітне випромінювання певної довжини хвилі. Кожен елемент має свою спектральну лінію поглинання, що забезпечує високу селективність аналізу [4].

Зразок ґрунту попередньо обробляють і перетворюють на розчин, після чого поміщають у розпилювач. В умовах високої температури розпилювача (полум'яної або графітової печі) метали переходять у вільний атомний стан. Одночасно випромінювання від спеціальної лампи з порожнистим катодом переходить через розпилений зразок, створюючи лінії елемента, що аналізується (наприклад свинцю, кадмію або цинку). Коли атоми цього металу присутні в газовій фазі, вони поглинають частину світлового потоку.

Потім світло проходить через монохроматор, який відсікає сторонні довжини хвиль і потрапляє на детектор. Різниця між початковою та залишковою інтенсивністю світлового сигналу прямо пропорційна концентрації атомів у зразку. Для перетворення поглинання в кількісні показники використовується калібрувальна діаграма, створена на стандартних розчинах відомої концентрації.

Метод ААС поєднує високу чутливість і дозволяє визначити вміст металів в діапазоні від мікрограмів до міліграмів на літр [33; 1].

Атомно-абсорбційна спектрометрія з полуменевою атомізацією використовується для визначення концентрацій 10 мкг/дм<sup>3</sup> до 10 мг /дм<sup>3</sup> важких металів у воді донних відкладах, ґрунтах і відходах можна визначити за допомогою саме такої методики [2].

Полум'я дозволяє розширити межу визначення, розширити коло визначуваних елементів та усунути заважаючі впливи. Ацетилен-повітря, (пропан+бутан)-повітря, ацетилен-закис азоту є найбільш поширеними типами полум'я. На рівні від 1 до 200 мкг/дм<sup>3</sup> ацетилен-повітря може виявити вміст різних елементів, таких як кадмій, кобальт, мідь, залізо, свинець, літій, магній, марганець, нікель, калій, срібло, натрій, стронцій та літій і цинк [38; 6].

В атомно-абсорційній спектроскопії енергія використовується лише для атомізації та перетворення зразка в газоподібний стан. Кожен хімічний елемент має свій власний спектр поглинання резонансного випромінювання, так звані лампи з порожнистим катодом є джерелами такого випромінювання. У них катод виготовляється з металу, визначеного в досліджуваному зразку. Цей метод аналізу спектрів поглинання дозволяє визначити наявність важких металів у досліджуваному зразку та їхню кількість.

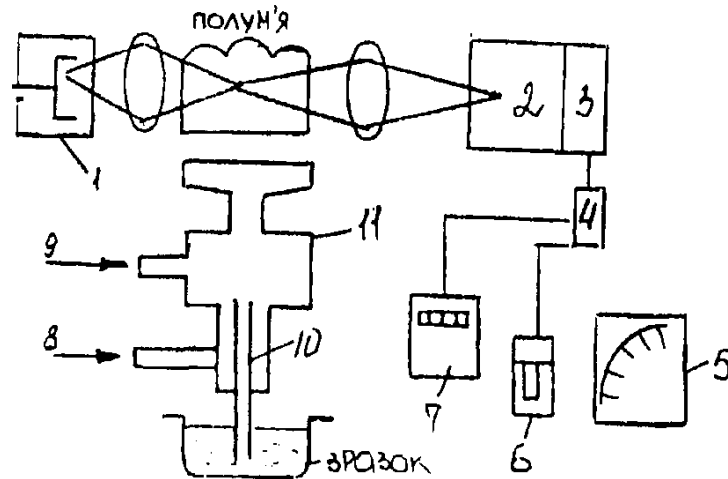


Рис. 2.4. Схема аналізу зразка атомно-абсорційним методом [6].

1-джерело випромінювання; 2- монохроматор; 3-детектор; 4- підсилювач;  
5- стрілочний пристрій; 6- самописець; 7-цифродрукуючий пристрій; 8,9-  
ввод окислювача та палива; 10- розпилювач; 11- розпилювальна камера.

Основними перевагами атомно абсорбційної спектрометрії є:

- Висока чутливість
- Добра селективність
- Простота у використанні

До недоліків можна віднести:

- Обов'язковість проведення дослідження зразка лише у рідкому стані
- Необхідність використання окремого джерела випромінювання для кожного досліджуваного компонента (неможливість одночасного багатоелементного визначення).

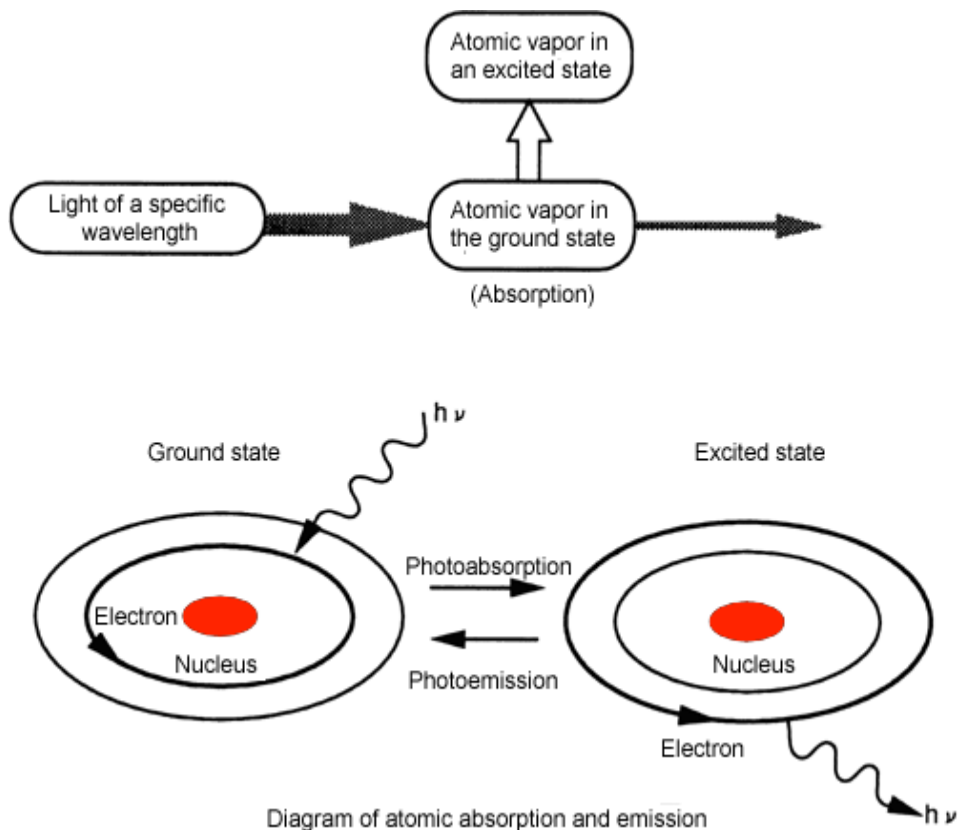


Рис. 2.5. енергетичний перехід електрона в атомі [38].

На рисунку схематично ілюстровано енергетичний перехід електрона в атомі. Стрілками зображено, що при поглинанні фотона, електрон переходить із базового рівня на збуджений стан. Це є базовою основою ААС-атоми у газовому стані поглинають світло на певній довжині хвилі [33; 6].

### 2.2.3. Методика оцінювання стану біорізноманіття на антропогенно порушених територіях

При оцінюванні стану біорізноманіття обстежених територій, які зазнали воєнного впливу різного характеру було використано ряд індексів, які дають змогу оцінити ступінь порушення біорізноманіття на зазначених територіях. Зокрема, було застосовано *Індекс Шеннона - Уівера* (загального, або інформаційного різноманіття), який дає уявлення відразу про обидва аспекти різноманіття: кількість видів і рівномірність їх кількісної представленості, і тому може складності, організованості, стійкості). Його було розраховано за видовим різноманіттям об'єкту дослідження. На відміну від інших індексів, він оцінює різноманіття випадкових вибірок, тому найчастіше і використовується при вивченні структури природних угруповань. Крім цього, цей показник об'єднує видове багатство і вирівняність в єдину величину і кількісно (в бітах) оцінює рівнозначність реєстрації різних видів у угрупованні.

$$H = - \sum P_i \cdot \ln P_i \quad (1)$$

де  $P_i$  – ймовірність внеску кожного виду в угруповання.

$$P_i = n/N \quad (2)$$

де  $n$  – кількість балів, яку одержує кожний вид за відсотком проекційного покриття або рясністю (щільністю) в даному угрупованні.

$N$  – загальна сума балів, яку одержали за цим показником усі види даного угруповання ( $H = \sum N$ ) [23; 52 ]

З метою встановлення ступеня порушення біорізноманіття було застосовано індекс проекційного покриття (площа проєкцій надземної рослинності або частин рослин одного виду на поверхні ґрунту). Для цього було використано бальну оцінку рясності видів в угрупованні за *шкалою О. Друде* [48].

### РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Вміст важких металів у досліджуваних зразках

Для оцінки екологічного стану ґрунтів у межах досліджуваної території було проведено визначення концентрацій важких металів: кадмію (Cd), марганцю (Mn), міді (Cu), нікелю (Ni), свинцю (Pb) та цинку (Zn), методом атомно-абсорційної спектрометрії. Результати вимірювань наведено в таблиці, де здійснено порівняння отриманих показників із гранично допустимими концентраціями (ГДК) для ґрунтів.

Таблиця 3.1

Вміст небезпечних речовин в ґрунті, мг/кг (розроблено автором)

№	Дата відбору	Об'єкт	Cd	Mn	Cu	Ni	Pb	Zn
			ГДК, мг/кг					
			1,5	1500,0	3,0	4,0	32,0	23
			Результати вимірювань					
			мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг
1.	26.06.2025	м. Ірпінь	0,1	716	0,12	4	10	16
2.	26.06.2025	с.Мошун	0,1	127	0,29	2	14	10
3.	26.06.2025	с.Мошун, поле з вирвою без рослинно сті	0,2	92	0,59	2	13	11
4.	26.06.2025	с.Мошун, поле з вирвою з рослинні стю	0,2	73	0,25	2	5	8

У пробі, відібраній у межах м.Ірпінь (№1), зафіксовано низькі рівні важких металів. Вміст кадмію становить 0,1 мг/кг, що значно нижче за встановлену ГДК (1,5 мг/кг). Подібна тенденція спостерігається і для міді (0,12 мг/кг при ГДК 3,0 мг/кг) та нікелю (4 мг/кг при ГДК 4,0 мг/кг). Показники свинцю (10 мг/кг при нормі 32 мг/кг) та цинку (16 мг/кг при ГДК 23 мг/кг), трішки більші в порівнянні з іншими, але не виходять за межі безпечних значень. Отже, ґрунт у межах Ірпеня можна охарактеризувати як екологічно стабільний [2].

У зразках відібраних у селі Мощун (проба №2), концентрації металів мають дещо вищі значення, що може бути пов'язане з воєнним навантаженням на територію. Вміст кадмію становить 0,11 мг/кг, міді 0,29 мг/кг, а свинцю 14 мг/кг. Незважаючи на підвищені показників в порівнянні з Ірпенем, усі вони залишаються нижчими від гранично допустимих концентрацій. Це свідчить про помірний рівень техногенного впливу та часткове накопичення металів у поверхневому шарі ґрунту.

У третій пробі, відібраній на полі з воронки де не має рослинності поблизу села Мощун, концентрація металів дещо змінюється. Зокрема, вміст кадмію сягає 0,2 мг/кг, а міді 0,59 мг/кг. Наявність підвищених концентрацій може бути наслідком руйнування поверхневого шару ґрунту вибухами та вивільнення металевих компонентів із боєприпасів. Водночас значення залишаються нижчими від ГДК, що свідчить про локальне, а не системне забруднення [1].

У пробі № 4, з ділянки де воронка частково заросла рослинністю, кадмій становить 0,2 мг/кг, мідь 0,25 мг/кг, нікель 2 мг/кг, свинець 5 мг/кг, цинк 8 мг/кг. Незважаючи на незначне підвищення показників у порівнянні з попередньою пробію, значення не перевищують гранично допустимі концентрації. Це може свідчити про початок природних процесів

самоочищення ґрунту та фіторе mediaції, завдяки наявності рослинного покриву, який частково затримує іонні форми металів у біомасі.

Порівняльний аналіз результатів досліджень показав, що серед визначених елементів найбільші концентрації спостерігаються для марганцю, що є природньою особливістю ґрунтового складу і не має техногенного походження. Решта металів- кадмій, мідь, нікель, свинець і цинк- перебувають у межах санітарно-допустимих норм, що вказує на відсутність критичного забруднення.

У загальному, результати свідчать, що досліджувані зразки ґрунту, не мають перевищень за вмістом важких металів. Однак, у районах, де зафіксовано руйнування ґрунтового покриву або сліди вибухів, спостерігається тенденція до локального зростання концентрацій, це підкреслює необхідність подальшого моніторингу.

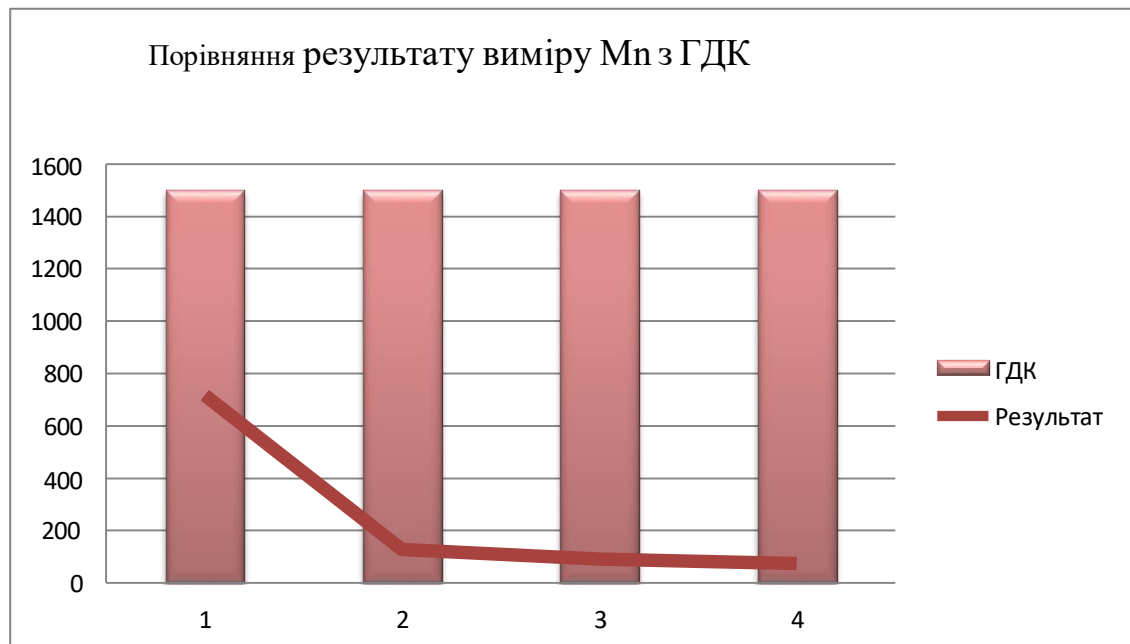


Рис. 3.1. Порівняння результату вмісту Mn з ГДК (розроблено автором)

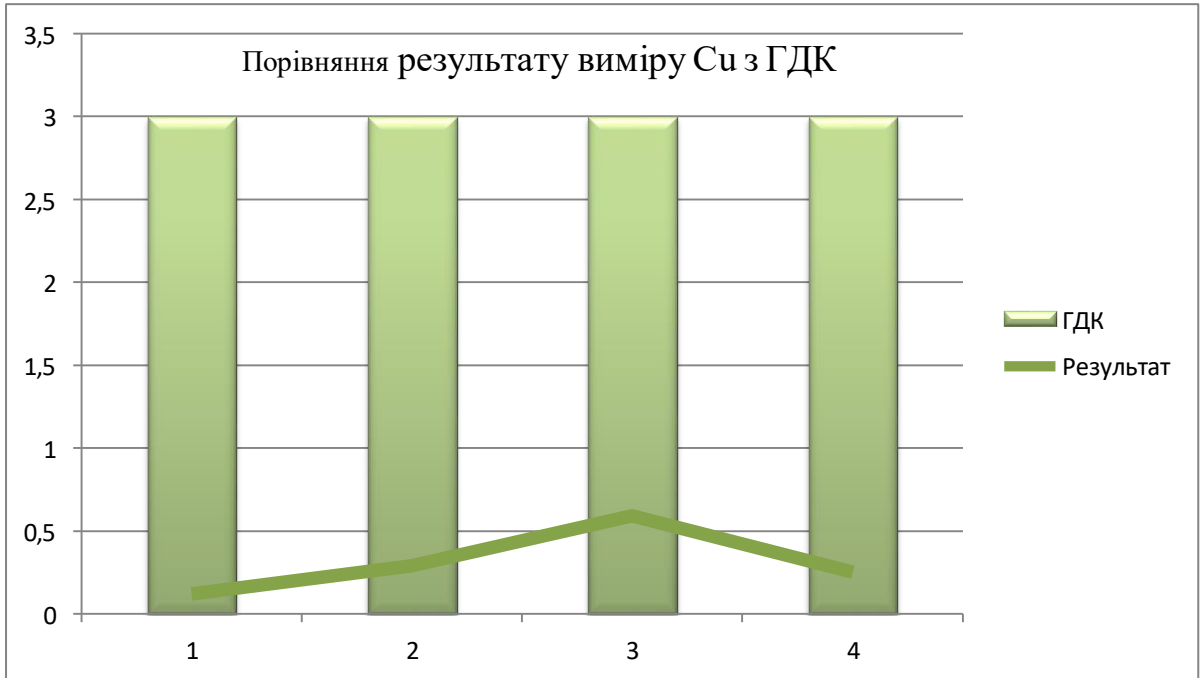


Рис. 3.2. Порівняння результату вмісту Cu з ГДК (розроблено автором)

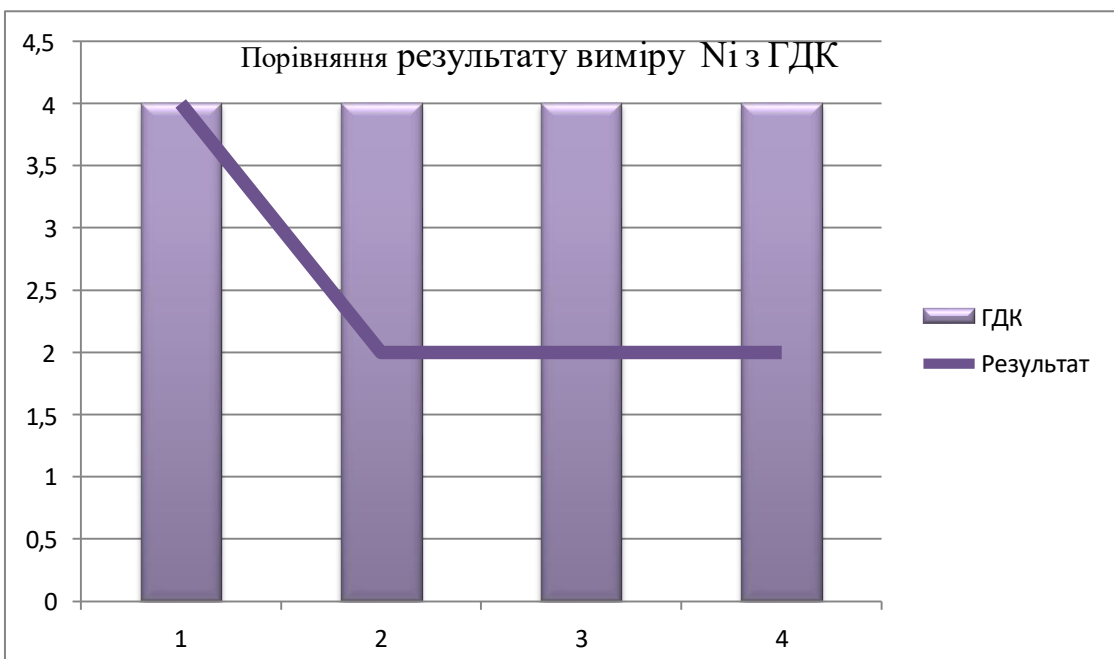


Рис.3.3. Порівняння результату вмісту Ni з ГДК (розроблено автором)

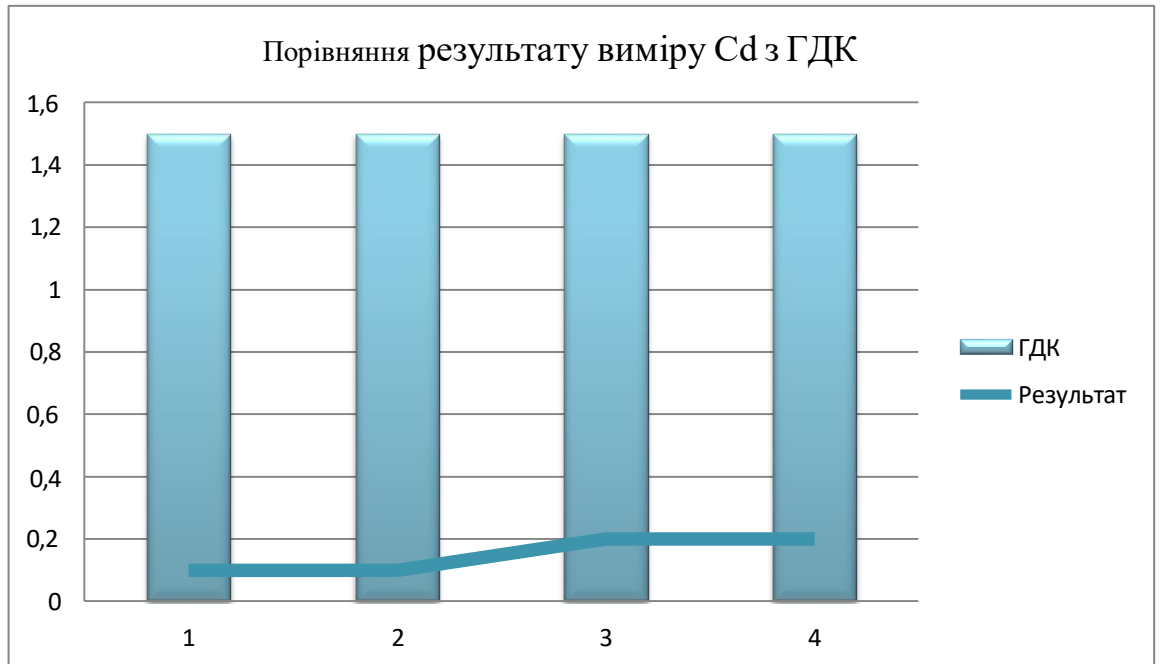


Рис.3.4. Порівняння результату вмісту Cd з ГДК (розроблено автором)



Рис.3.5. Порівняння результату вмісту Pb з ГДК (розроблено автором)

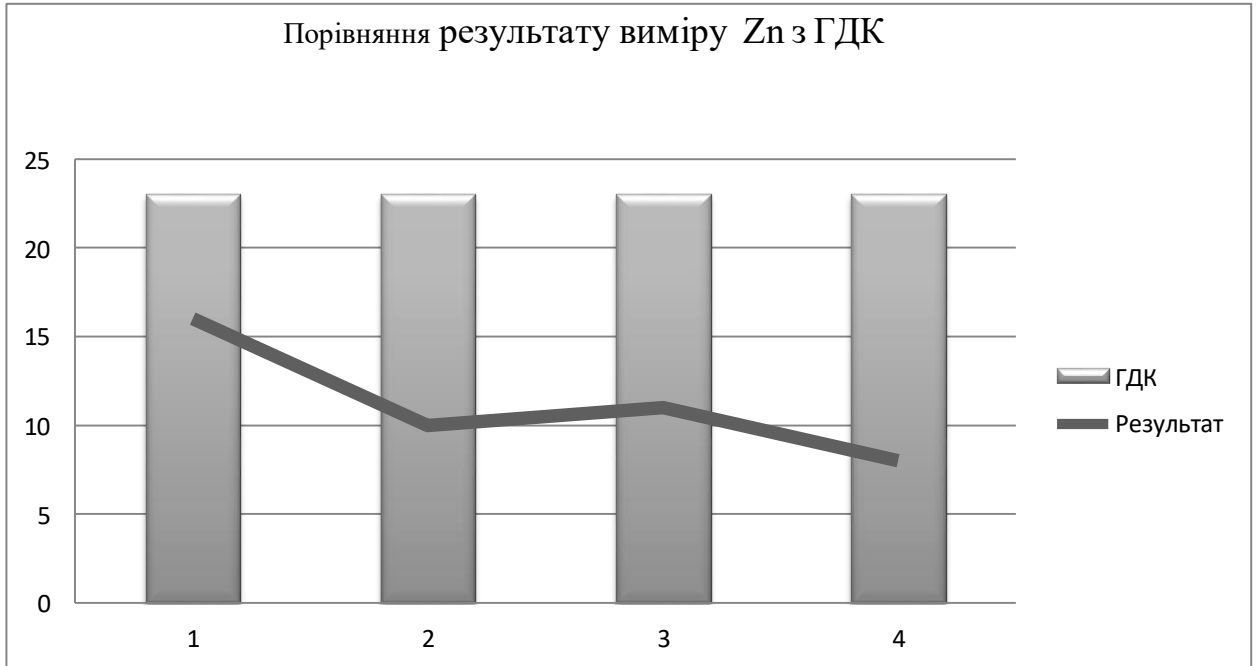


Рис.3.6. Порівняння результату вмісту Zn з ГДК (розроблено автором)

### 3.2. Вплив кислотності ґрунту на мобільність небезпечних речовин

У першій пробі, відібраній у межах м. Ірпінь, значення рН становить 6,1, що відповідає слабо кислій реакції середовища (табл.3.2).

Таблиця 3.2

Вплив кислотності ґрунту на мобільність небезпечних речовин  
(розроблено автором)

№ проби	Дата відбору	Об'єкт	рН
1.	26.06.2025	м. Ірпінь	6,1
2.	26.06.2025	с.Мощун	6,1
3.	26.06.2025	с.Мощун, поле з вирвою без рослинності	5,6
4.	26.06.2025	с.Мощун, поле з вирвою з рослинністю	6,0

Такий рівень кислотності є типовим для більшості природних ґрунтів Полісся і сприятливим для росту рослин. Він також не створює умов для

надмірної мобілізації важких металів, тому можна вважати, що цей ґрунт перебуває у відносно стабільному хімічному стані.

Друга проба, відібрана у селі Мощун, має аналогічне значення рН- 6,1, що свідчить про однорідність ґрунтового покриву в регіоні та відсутність істотного техногенного впливу на кислотно-лужну рівновагу. Незначне відхилення від нейтрального значення (рН 7,0), не є критичним і не вказує на деградацію ґрунту.

У третій пробі, відібраній на ділянці з вирвою без рослинності, рН становить 5,6, що характеризує слабо кисле середовище, ближче до середньо кислого. Таке зниження може бути наслідком руйнування структури ґрунту, порушення його буферної здатності та вимивання основних катіонів унаслідок вибухового впливу. Кисліші умови сприяють підвищенню рухливості іонів металів, що підвищує ризик їх переходу у доступну для рослин і мікроорганізмів форму.

Четверта проба, відібрана на тій же ділянці, але з наявною рослинністю, має значення рН 6,0. Це може свідчити про поступове відновлення ґрунтової системи за рахунок біологічних процесів- накопичення органічних решток, дії кореневих систем і мікроорганізмів, які сприяють стабілізації кислотно-лужного балансу.

Узагальнюючи результати, можна зазначити, що всі досліджені проби мають слабо кислу реакцію, характерну для природних ґрунтів даної зони. Значення рН коливаються в межах 5,6-6,1, що не виходить за нормативні показники для родючих ґрунтів. Водночас, невелике підкислення на ділянках, де зафіксовано механічне порушення поверхні, свідчить про локальний вплив техногенних факторів, і в майбутньому може вимагати додаткового контролю з метою запобігання подальшій деградації.

### 3.3. Екологічна оцінка біорізноманіття

Індекс Шеннона (видовий і просторовий) враховує як кількість видів, так і рівномірність їх розподілу, що робить його чутливим до рідкісних видів та забезпечує інформативний показник різноманіття угруповання на порушених, антропогенно змінених територіях, які зазнали воєнного впливу. На територіях, які зазнали надмірного воєнного впливу (утворення вирв і їх наслідки, проходження важкої воєнної техніки) за використання індексу Друде у комплексі дозволяє отримати більш точну оцінку різноманіття і домінантності в рослинних угрупованнях, які в таких випадках, приймають активну сукцесійну роль відновлення територій [51; 52].

Наше дослідження підкреслює важливість комплексного підходу до збору, аналізу та інтерпретації екологічних даних. Реєстрація додаткових екологічних атрибутів для кожного виду, оцінка видового і просторового різноманіття, порівняння з еталонними даними, а також ретельна організація і перевірка даних є ключовими етапами для розуміння та збереження рослинного різноманіття. Використання індексу Шеннона дозволяє отримати глибоке уявлення про структуру та динаміку рослинних угруповань, а таблиця показників різноманіття надає систематизований огляд основних характеристик досліджуваних територій (табл 3.3).

У нашому дослідженні ми зосередилися на всебічній оцінці біологічного різноманіття з метою забезпечення змістовних порівнянь між ділянками та угрупованнями (табл. 3.5).

Геоморфологічна характеристика території, як акумулятивної тераси р. Ірпінь, складеної алювіальними відкладами має важливе значення для розуміння ґрунтових умов і гідрологічного режиму. Алювіальні відклади, як правило, формують родючі ґрунти з високою водоутримуючою здатністю, що може підтримувати багату рослинність. Близькість до річки Ірпінь (точки відбору 1,2,3) та наявність алювіальних відкладів також вказують на потенційну важливість заплавної і прибережних середовищ існування. Тому, в заплаві річки Ірпінь було виявлено багате проєкційне покриття

рослинністю, яка здебільшого є аборигенною для досліджуваної території, а ступінь порушення є незначним – в усіх випадках високий коефіцієнт проєкційного покриття [54;55].

В результаті досліджень було виявлено одну з карантинних рослин Амброзія полинолиста *Ambrosia artemisiifolia*, яку зафіксовано на ділянці (с. Мощун, точка відбору №4), розміщеній поблизу вирви, яка утворилася внаслідок попадання воєнного снаряду. Разом з тим, чисельність Амброзії становила 42 одиниці, що в порівнянні з іншими видами має значну перевагу. Амброзія є інвазійним видом, яка має вискі фізіологічні показники пристосування до різноманітних чинників довкілля – зміни температурного режиму, рівня вологозабезпечення, стійкість до хвороб і шкідників. Водночас, вона також має високий коефіцієнт проєкційного покриття 6 од., що підтверджує вище згадані закономірності і стійкість даного виду наземної рослинності. Разом з тим, найнижчий Н просторовий зафіксовано саме в заплаві річки, що можна пояснити високим ступенем домінуванням Очеретянки звичайної *Phalaris arundinacea* (Н просторовий 38 од.).

В результаті обстеження території заплави р. Ірпінь та околиць с. Мощун встановлено, що за показником просторового індекса Шенона найбільш порушеними екотонами є ділянки заплави річки та екотон з надмірно порушеними ознаками – надмірне ущільнення ґрунту з порушеною структурою, відсутністю ентомологічного різноманіття і відповідно перевагою інвазійних видів. Сукцесійні процеси на цих ділянках відбуваються повільно (2 роки). Разом з тим, переважна досліджених екотонів має величину Н 2,884-2,886 і переважає на кількості [23; 54].

Таблиця 3.3

Номеклатурний перелік видового складу біорізноманіття обстежених антропогенно перетворених територій (розроблено автором)

Точка 1 Заплава р. Ірпінь

№ ділянки	Опис місця відбору зразків	Назва	Кількість, шт.	Біомаса, кг
1	4 м від точки відбору	Підмаренник м'який <i>Gallium mollugo</i>	14	6
		Кропива дводомна <i>Urtica dioica</i>	19	
		Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	38	
		Полин звичайний <i>Artemisia vulgaris</i>	5	
		Салат компасний <i>Lactuca serriola</i>	3	
2	15 м від точки відбору	Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	47	3
		Ожина звичайна <i>Rubus caesius</i>	14	
		Підмаренник м'який <i>Gallium mollugo</i>	7	
		Кропива дводомна <i>Urtica dioica</i>	2	
		Вероніка довголиста <i>Veronica longifolia</i>	14	
3	12 м від точки відбору	Свербіжниця польова <i>Knautia arvensis</i>	17	3,1
		Злинка <i>Erigeron strigosus</i>	5	
		Щавель горобиний <i>Rumex acetosella</i>	11	
		Підмаренник м'який <i>Gallium mollugo</i>	6	
		Щавель кінський <i>Rumex confertus</i>	12	
		Конюшина польова <i>Trifolium arvense</i>	21	
		Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	15	
		Вероніка довголиста <i>Veronica longifolia</i>	2	
		Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	6	
		Полин-нехворощ <i>Artemisia campestris</i>	2	
		Козелець звичайний <i>Tragopogon dubius</i>	1	

Таблиця 3.4

с. Мощун (вирва діаметром 4 м та глибиною 1,04 м)

(розроблено автором)

№ ділянки	Опис місця відбору зразків	Назва	Кількість, шт.	Біомаса, кг
1	8 м від вирви (на шляху проходу важкої техніки)	Ромашка собача польова <i>Chamomilla canini agri</i>	12	0,6
		Звіробій звичайний <i>Hypericum perforatum</i>	2	
		Дивина звичайна <i>Verbascum phlomoides</i>	1	
		Амброзія полинолиста <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	42	
		Перстач прямостоячий <i>Potentilla argentea</i>	5	
		Салат компасний <i>Lactuca serriola</i>	3	
		Волошка розлога <i>Centaurea diffusa</i>	1	
		Полин гіркий <i>Artemisia absinthium</i>	1	
		Осока шорсткововолосиста <i>Carex hirta</i>	1	
2	Біля вирви (сухостійний опад близько 1 см)	Щавель кінський <i>Rumex confertus</i>	23	3,5
		Волошка розлога <i>Centaurea diffusa</i>	1	
		Перстач прямостоячий <i>Potentilla argentea</i>	3	
3	Місце розвороту техніки, укатано, ґрунт дуже ущільнений, рослинність не розвинена	Коноплі дикі <i>Cannabis ruderalis Janisch.</i>	1	0,3
		Лобода біла <i>Chenopodium album</i>	21	
		Щириця звичайна <i>Amaranthus retroflexus</i>	13	
		Амброзія полинолиста <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	5	
		Пирій повзучий <i>Elymus repens (L.) Gould</i>	8	
		Гірчак перцевий <i>Polygonum hydropiper</i>	9	
		Портулак городній <i>Portulaca oleraceae</i>	12	
		Скереда смердюча <i>Crepis foetida</i>	2	
		Жовтушник	4	

		дрібноцвітий <i>Erysimum cheiranthoides</i>		
		Редька дика <i>Raphanus raphanistrum</i>	2	

Таблиця 3.5

Індекси біологічного різноманіття антропогенно порушених територій,  
2025р. (розроблено автором)

Вид	Індекс Шенона ( <i>H</i> видовий)	Індекс Шенона ( <i>H</i> просторовий)	Коефіцієнт проекційного покриття наземної рослинності
<b>Точка 1 Заплава р. Ірпінь 4 м від точки відбору</b>			
Підмаренник м'який <i>Gallium mollugo</i>	0,065	2,439	5
Кропива дводомна <i>Urtica dioica</i>	0,694		4
Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	1,388		1
Полин звичайний <i>Artemisia vulgaris</i>	0,182		6
Салат компасний <i>Lactuca serriola</i>	0,110		6
<b>Точка 2 Заплава р. Ірпінь 15 м від точки відбору</b>			
Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	1,614	2,885	1
Ожина звичайна <i>Rubus caesius</i>	0,481		5
Підмаренник м'який <i>Gallium mollugo</i>	0,240		6
Кропива дводомна <i>Urtica dioica</i>	0,069		6
Вероніка довголиста <i>Veronica longifolia</i>	0,481		5
<b>Точка 3 Заплава р. Ірпінь 12 м від точки відбору</b>			
Свербіжниця польова <i>Knautia arvensis</i>	0,500	2,884	5
Злінка <i>Erigeron strigosus</i>	0,147		6
Щавель горобиний <i>Rumex acetosella</i>	0,324		5
Підмаренник м'який <i>Gallium mollugo</i>	0,177		6
Щавель кінський <i>Rumex confertus</i>	0,353		5
Конюшина польова <i>Trifolium arvense</i>	0,618		1
Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	0,618		1


Вероніка довголиста <i>Veronica longifolia</i>	0,059		6
Полин-нехворощ <i>Artemisia campestris</i>	0,059		6
Козелець звичайний <i>Tragopogon dubius</i>	0,029		7
<b>Точка 4 Моцун 8 м від вирви (на шляху проході важкої техніки)</b>			
Ромашка собача польова <i>Chamomilla canini agri</i>	0,509	2,884	5
Звіробій звичайний <i>Hypericum perforatum</i>	0,085		8
Дивина звичайна <i>Verbascum phlomoides</i>	0,042		7
Амброзія полинолиста <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	1,782		2
Перстач прямостоячий <i>Potentilla argentea</i>	0,212		88
Салат компасний <i>Lactuca serriola</i>	0,127		8
Волошка розлога <i>Centaurea diffusa</i>	0,042		7
Полин гіркий <i>Artemisia absinthium</i>	0,042		7
Осока шорстковолосиста <i>Carex hirta</i>	0,042		7
<b>Точка 5 Моцун Біля вирви (сухостійний опад близько 1 см)</b>			
Щавель кінський <i>Rumex confertus</i>	2,458	2,886	3
Волошка розлога <i>Centaurea diffusa</i>	0,107		7
Перстач прямостоячий <i>Potentilla argentea</i>	0,321		6
<b>Точка 6 Моцун Місце розвороту техніки, укатано, ґрунт дуже ущільнений, рослинність не розвинена</b>			
Коноплі дикі <i>Cannabis ruderalis Janisch.</i>	0,037	2,635	7
Лобода біла <i>Chenopodium album</i>	0,786		3
Щириця звичайна <i>Amaranthus retroflexus</i>	0,243		5
Амброзія полинолиста <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,187		6
Пирій повзучий <i>Elymus repens (L.) Gould</i>	0,299		6
Гірчак перцевий <i>Polygonum hydropiper</i>	0,337		6
Портулак городній <i>Portulaca oleraceae</i>	0,449		5
Скереда смердюча <i>Crepis foetida</i>	0,074		6
Жовтушник дрібноцвітий	0,149		6



<i>Erysimum cheiranthoides</i>			
Редька дика <i>Raphanus raphanistrum</i>	0,074		6

Отже, в результаті вивчення стану біорізноманіття порушених за впливу воєнних дій територій заплави р. Ірпінь і околиць с. Мощун можна стверджувати, що рівень біорізноманіття є збідненим, процеси сукцесії відбуваються повільно. Видовий склад біорізноманіття в своєму складі мають карантинні рослини (Амброзія полинолиста *Ambrosia artemisiifolia*) і інвазійні види, що може мати загрози зникнення аборигенних видів. Проекційне покриття рослинністю (індекс Друде) збіднене, особливо на територіях, які зазнали значного воєнного впливу. Лише поодинокі види мають домінування, а саме Очеретянка звичайна *Phalaris arundinacea*.

Таблиця 3.6



## Заплава р. Ірпінь (розроблено автором)


№ ділянки	Опис місця відбору зразків	Назва	Кількість, шт.	Біомаса, кг	Примітка
1	4 м від точки відбору 	Підмаренник м'який <i>Gallium mollugo</i>	14	6	
		Кропива дводомна <i>Urtica dioica</i>	19		
		Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	38		
		Полин звичайний <i>Artemisia vulgaris</i>	5		
		Салат компасний <i>Lactuca serriola</i>	3		
2	15 м від точки відбору	Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	47	3	
		Ожина звичайна <i>Rubus caesius</i>	14		
		Підмаренник м'який <i>Gallium</i>	7		

		<i>mollugo</i>			
		Кропива дводомна <i>Urtica dioica</i>	2		
		Вероніка довголиста <i>Veronica longifolia</i>	14		
3	12 м від точки відбору 	Свербіжниця польова <i>Knautia arvensis</i>	17	3,1	
		Злінка <i>Erigeron strigosus</i>	5		
		Щавель горобиний <i>Rumex acetosella</i>	11		
		Підмаренник м'який <i>Gallium mollugo</i>	6		
		Щавель кінський <i>Rumex confertus</i>	12		
		Конюшина польова <i>Trifolium arvense</i>	21		
		Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	15		
		Вероніка довголиста <i>Veronica longifolia</i>	2		
		Очеретянка звичайна <i>Phalaris arundinacea</i>	6		
		Полин-нехворощ <i>Artemisia campestris</i>	2		
		Козелець звичайний <i>Tragopogon dubius</i>	1		

Таблиця 3.7

с. Мощун (вирва діаметром 4 м та глибиною 1,04 м)  
(розроблено автором)

№ ділянки	Опис місця відбору зразків	Назва	Кількість, шт.	Біомаса, кг
1	8 м від вирви (на шляху проходу важкої техніки) 	Ромашка собача польова <i>Chamomilla canini agri</i>	12	0,6
		Звіробій звичайний <i>Hypericum perforatum</i>	2	
		Дивина звичайна <i>Verbascum phlomoides</i>	1	
		Амброзія полинолиста <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	42	
		Перстач прямостоячий <i>Potentilla argentea</i>	5	
		Салат компасний <i>Lactuca serriola</i>	3	
		Волошка розлога <i>Centaurea diffusa</i>	1	
		Полин гіркий <i>Artemisia absinthium</i>	1	
		Осока шорстковолосиста <i>Carex hirta</i>	1	
2	Біля вирви (сухостійний опад близько 1 см) 	Щавель кінський <i>Rumex confertus</i>	23	3,5
		Волошка розлога <i>Centaurea diffusa</i>	1	
		Перстач прямостоячий <i>Potentilla argentea</i>	3	

3	<p>Місце розвороту техніки, укатано, ґрунт дуже ущільнений, рослинність не розвинена</p> 	<p>Коноплі дикі <i>Cannabis ruderalis</i> <i>Janisch.</i></p> <p>Лобода біла <i>Chenopodium album</i></p> <p>Щириця звичайна <i>Amaranthus retroflexus</i></p> <p>Амброзія полинолиста <i>Ambrosia artemisiifolia</i></p> <p>Пирій повзучий <i>Elymus repens (L.) Gould</i></p> <p>Гірчак перцевий <i>Polygonum hydropiper</i></p> <p>Портулак городній <i>Portulaca oleraceae</i></p> <p>Скереда смердюча <i>Crepis foetida</i></p> <p>Жовтушник дрібноцвітий <i>Erysimum cheiranthoides</i></p> <p>Редька дика <i>Raphanus raphanistrum</i></p>	<p>1</p> <p>21</p> <p>13</p> <p>5</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>12</p> <p>2</p> <p>4</p> <p>2</p>	0,3

## ВИСНОВКИ

В результаті отриманих показників вимірювання важких металів, а саме Mn, Cu, Pb, Ni, Cd, Zn, які були відібрані у м.Ірпінь та с.Мощун (Бучанський район). Встановлено що концентрації досліджуваних елементів не перевищують ГДК. Найвищий вміст важких металів спостерігається у м.Ірпінь (але знаходиться в межах норми), це може бути пов'язано з урбанізацією міста. Проби відібрані у селі Мощун, показали найнижчі показники (в особливості на ділянках з рослинним покривом що може бути доказом про можливість рослин частково мінімізувати вміст важких металів у ґрунті). Загалом екологічний стан відібраних проб ґрунту можна оцінювати як задовільний, так як перевищень ГДК вмісту важких металів не виявлено.

Проби ґрунту мають слабо кислу реакцію середовища (5,6-6,1). Це є характерним для ґрунтів Полісся та свідчать про стабільний хімічний стан ґрунтів. Саме найменше значення рН (5,6) було виявлено на полі біля с.Мощун на ділянці без рослинного покриву. Дещо підвищена кислотність здатна підвищувати рухливість іонів важких металів і як наслідок збільшувати їхню біодоступність, рН 6,0-6,1 навпаки сприяє пониженню мобільності металів у ґрунті завдяки буферній дії корневих систем. Підвищення кислотності може посилювати мобільність важких металів, а наявність рослинного покриву стабілізує реакцію середовища та зменшує ризик накопичення важких металів.

Наявність рослинного покриву позитивно впливає на біорізноманіття. Коренева система стимулює розвиток мікроорганізмів, рослини здатні в певній мірі акумулювати або нейтралізувати важкі метали (тобто відбувається процес фітореMediaції).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bojić A. Determination of heavy metals in soil by atomic absorption spectrometry (AAS) / Aleksandar Bojić. – Niš : University of Niš, NETCHEM Remote Access Laboratory Guide, [б. п.]. – 16 с
2. Kesharwani L., Singh S. Analysis of heavy metal in soil through atomic absorption spectroscopy for forensic consideration / International Journal of Scientific Research and Reviews. – 2018. – Vol. 7, Issue 3. – P. 367–373.
3. Mahurpawar M. Effects of heavy metals on human health // Govt. Autonomous Post Graduate College, Chhindwara (M.P.).
4. Makarenko N., Makarenko V. Heavy metals in soil: mobility as a criterion of environmental hazard. Biological systems: theory and innovation. 2019. Vol. 10, no. 2. P. 44–54.
5. Martin S. E., Griswold W. Human health effects of heavy metals // Environmental Science and Technology Briefs for Citizens. – Manhattan, KS : Center for Hazardous Substance Research, Kansas State University, 2009. – Issue 15. – 8 p.
6. Атомно – абсорбційна спектроскопія. *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/9398376/page:8/>
7. Білоусов М., Алейник В., Черненко Д., Григор'єва Л. Екологічні наслідки агресії Росії проти України у 2022–2023 роках (прикладно-комунікативний аспект) / Екологічна та радіаційна безпека : наук.-практ. журн. – 2023. – Т. 1, вип. 1. – С. 12–18.
8. Бурим А. А., Гирля Л. М. Забруднення ґрунтів важкими металами внаслідок війни в Україні / Оптимізація використання земельних ресурсів : матеріали наук.-практ. конф. (м. Миколаїв, 2024). – Миколаїв : МНАУ, 2024. – С. 20–21.

9. Війна та екологія: чому природа стає жертвою збройного конфлікту?. *Інститут аналітики та адвокації*.

URL: <https://iaa.org.ua/articles/vijna-ta-ekologiya-chomu-pryroda-staye-zhertvoyu-zbrojnogo-konfliktu/>

10. Війна у Хорватії URL:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Croatian\\_War\\_of\\_Independence#:~:text=The%20Croatian%20War%20of%20Independence,its%20combat%20operations%20by%201992.](https://en.wikipedia.org/wiki/Croatian_War_of_Independence#:~:text=The%20Croatian%20War%20of%20Independence,its%20combat%20operations%20by%201992.)

11. Війна у Югославії URL:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AE%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96\\_%D0%B2%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AE%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96_%D0%B2%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8)

12. Вміст важких металів в ґрунті URL:

<https://geomap.land.kiev.ua/soil-7.html>

13. Войтюк Д., Гроза Д., Єрмолаєва Т. Наслідки впливу військових дій на стан навколишнього природного середовища. *Grail of science*. 2023. № 28. С. 122–129.

14. Войціховська А. Дослідження ЕПЛ впливу військових дій на довкілля на сході України. *Екологія. Право. Людина*. 2015. № 23/24 (63/64). С. 57–59.

15. Вплив важких металів на організм людини URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/items/a6294678-e60e-442e-b1d2-37e6ba9a7bc7>

16. Вплив війни на екологію. *ТОВ «Автоекосприлад»*. URL: <https://eco.aep.kiev.ua/novini/vpliv-vijni-na-ekologiyu/>

17. Гетьман В. І. Степові заповідники: наслідки військових дій для екосистем. *Бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги. Серія "Охорона навколишнього середовища"*. 2019. № 2, лют. С. 9–15.

18. Диняк О. В., Кошлякова І. Є. Потенційна небезпека для довкілля та населення від нафтохімічного забруднення геологічного середовища

внаслідок бойових дій / О. В. Диняк, І. Є. Кошлякова // *Екологічні наслідки воєнних дій*. – 2023. – № 6(51). – С. 136–140.

19. Довкілля – мовчазна жертва війни: як російська армія вчиняє екологічні злочини й порушує права людини. *LB.ua*. URL: [https://lb.ua/blog/dmytro\\_lubinets/581276\\_dovkillya\\_movchazna\\_zhertva\\_v\\_iyni\\_yak.html](https://lb.ua/blog/dmytro_lubinets/581276_dovkillya_movchazna_zhertva_v_iyni_yak.html)

20. Досвід Другої світової війни URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B0\\_%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0\\_%D0%B2%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B0_%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B2%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0)

21. Забруднення ґрунтів нафтопродуктами URL: <https://ecolog-ua.com/news/gdk-u-sferi-zabrudnennya-gruntiv-naftoproduktamy-shchodneobhidnosti-vnesennya-vidpovidnyh>

22. Забруднення ґрунтів нафтопродуктами: причини та наслідки URL: <https://sw.dei.gov.ua/post/3415>

23. Зарудний Д. В. Захист та відновлення ґрунтів України після військового вторгнення Російської Федерації : кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра : спец. 101 – Екологія / наук. кер. Л. Д. Пляцук. – Суми : Сумський державний університет, 2025. – 110 с.

24. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення. KSE. Березень 2023. [https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR\\_Feb23\\_FINAL\\_Damages-Report.pdf](https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR_Feb23_FINAL_Damages-Report.pdf)

25. Екологічні наслідки військових дій / М. М. Кругліченко та ін. 2019. – 4с.

26. Екологічні наслідки російської агресії проти України в 2022-2023 роках (прикладні та комунікативні аспекти) / V. Aleynuk та ін. *Environmental and radiation safety*. 2023. Т. 1, № 1. С. 12–18.

27. Жалій Б. О., Кузнецова Т. Ю. Важкі метали в ґрунті та їх вплив на організм людини / Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка. – 2023

28. Забруднення ґрунтів нафтопродуктами URL: <https://ecolog-ua.com/news/gdk-u-sferi-zabrudnennya-gruntiv-naftoproduktamy-shchodo-neobhidnosti-vnesennya-vidpovidnyh>

29. Забруднення ґрунтів нафтопродуктами: причини та наслідки URL: <https://sw.dei.gov.ua/post/3415>

30. Залишки маневрів військ на полі URL: <https://uwecworkgroup.info/uk/future-of-munitions-damaged-ukrainian-lands/>

31. Кравченко В. В., Плаксі Т. М. Екологічні наслідки російсько-української війни для України. XXX Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених "Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства". 2023. URL: <https://doi.org/10.32782/2222-5099.2023.10.4>

32. Методичні рекомендації для здійснення оцінки ризиків та вразливості соціально-економічних секторів та природних складових до зміни клімату. <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/06/386nd1.pdf>

33. Мішра А. Ч., Гупта С. Аналіз важких металів у промислових ґрунтах за допомогою атомно-абсорбційної спектроскопії і їх зв'язок з деякими властивостями ґрунту. Технічна інженерія. 2021. № 2(88). С. 77–85.

34. Моделі відновлення після руйнації URL: <https://iaa.org.ua/articles/modeli-vidnovlennya-pislya-rujnacziyi-svitovi-kejsy-dlya-ukrayiny/>

35. Наслідки бойових дій для ґрунтів URL: <https://superagronom.com/news/15319-u-naan-nadali-poradi-schodo-zmenschennya-naslidkiv-boyovih-diy-dlya-gruntiv>

36. Новий метод оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами / В. Р. О. та ін. 2019.

37. Пожежа у лісі внаслідок вибуху URL:  
<https://dnpr.com.ua/ua/post/more-chorne-vid-popelu-kinburnska-kosa-vzhe-pivroku-strazhdaye-vid-pozhezh-1>
38. Принцип роботи атомно-абсорційної спектрометрії URL:  
<https://www.hitachi-hightech.com/global/en/knowledge/analytical-systems/aas/aas-basics/course3.html>
39. Розподіл території Франції на зони URL:  
<https://www.atlasobscura.com/articles/red-zones-in-france>
40. Руйнація українських ґрунтів, внаслідок воєнних дій URL:  
<https://issar.com.ua/insop-and-nsc-issar-workshop-on-perspective-collaboration-ways-for-survey-and-rehabilitation-of-war-damage-ukrainian-soils/>
41. Руйнування критичної інфраструктури URL:  
<https://www.radiosvoboda.org/a/news-minenerho-obstril-ataka-rf/33593691.html>
42. Село Мошун URL:  
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%89%D1%83%D0%BD>
43. Спалена військова техніка на агроландшафтах URL:  
<https://unba.org.ua/publications/10114-agrosector-v-umovah-vijni-yak-zmenshiti-riziki-dlya-investoriv.html>
44. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Вплив війни Росії проти України на стан українських ґрунтів: результати аналізу / А. Сплодитель, О. Голубцов, С. Чумаченко, Л. Сорокіна ; рец. Є. Яковлев. – Київ : ГО «Екодія», 2023. – 142 с
45. Тихенко О. М., Любасюк І. П. Вплив військових дій на екологічну безпеку держави : thesis. 2015.
46. Франція у Другій світовій війні URL:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F\\_%D0%B2\\_%D0%94%D1%80%D1%83%D0%B3%D1%96%D0%B9\\_%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B9\\_%D0%B2%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%B2_%D0%94%D1%80%D1%83%D0%B3%D1%96%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B9_%D0%B2%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96)

47. Хондак І., Стищенко Т. Забруднення атмосферного повітря в умовах війни в Україні. Біологічні, хімічні та екологічні загрози під час війни. 2025. С. 391–399.
48. Чудненко В. О. Водні об'єкти як об'єкт відновлення об'єктів природнього навколишнього середовища від військових дій. Становлення та розвиток правової держави: проблеми теорії та практики. 2022.
49. Як виявити отруєння важкими металами? URL: <https://himanaliz.ua/uk/yak-viyaviti-otruiennya-vazhkimi-metalami/>
50. Як війна впливає на родючість ґрунтів та якість їжі? URL: <https://ecoaction.org.ua/vijna-vplyvaie-na-grunty.html>
51. Як війна знищує екологію України / Н. V. Chvaliuk та ін. *Scientific issue ternopil volodymyr hnatiuk national pedagogical university. series: biology.* 2023. Т. 82, № 4. С. 49–64. URL: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.22.4.6>
52. Як війна руйнує природу України URL: [https://www.bbc.com/ukrainian/extra/mwu5sxghvc/ukraine\\_war\\_damaged\\_nature](https://www.bbc.com/ukrainian/extra/mwu5sxghvc/ukraine_war_damaged_nature)
53. Якість життя населення, яке постраждало від військових дій / N. Bielikova та ін. *Physical education, sport and health culture in modern society.* 2022. № 1(57). С. 3–9. URL: <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2022-01-03-09>
54. Як країни відновлювалися після війни URL: <https://ti-ukraine.org/blogs/vidbuduvaty-vse-yak-krayiny-vidnovlyuvalysya-pislya-vijny/>
55. Як постраждали українські ґрунти за повномасштабну війну URL: <https://www.pravda.com.ua/columns/2024/11/16/7484672/>

# ДОДАТКИ

Додаток А



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ ЗАХИСТУ РОСЛИН, БІОТЕХНОЛОГІЙ  
І ЕКОЛОГІЇ

## ЗБІРНИК

матеріалів доповідей

ХІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ  
І МОЛОДИХ ВЧЕНИХ



«ЕКОЛОГІЯ – ФІЛОСОФІЯ ІСНУВАННЯ  
ЛЮДСТВА»

23-24 квітня 2025 р.

Київ – 2025

УДК 502.521:355.422(1-81)

**ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА ҐРУНТИ ВНАСЛІДОК  
БОЙОВИХ ДІЙ**

*Гончаренко Н.Є.*, магістр I року навчання, факультету захисту рослин, біотехнологій та екології

*Бондарь В.І.*, кандидат с.-г. наук, доцент, старший науковий співробітник кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

Військові дії російських окупантів, починаючи з 24 лютого 2022 року призвели до того, що природні екосистеми та ландшафти України знаходяться у небезпеці. Істотних змін зазнали параметри водного, повітряного, ґрунтового середовища, порушено цілісність ландшафтів й екосистем, відбулися різноманітні види забруднення, руйнування та знищення цінних біологічних ресурсів, збільшилися ризики прояву радіаційних забруднень, забруднення середовища воєнними відходами тощо.

Ґрунт виконує ряд важливих функцій, включаючи забезпечення рослин поживними речовинами, виконує роль фільтра для води, підтримує біорізноманіття, зберігає вуглець та є депо багатьох мікроорганізмів. Однак, під час воєнних дій, до ґрунту надійшла значна кількість небезпечних речовин, і все це призводить до руйнування ґрунтового середовища.

41

Боєприпаси та інші хімічні речовини потрапляючи у ґрунт, змінюють його фізико-хімічні властивості та накопичують токсиканти, а це в свою чергу призводить до порушення природних процесів ґрунтоутворення. Таке забруднення має довгостроковий характер, оскільки деякі хімічні речовини можуть залишатися в ґрунті впродовж десятиліть, завдаючи шкоди екосистемі та людині.

Все це зумовлює безумовну актуальність досліджень. У даний час комплексні дослідження щодо вивчення особливостей впливу воєнних дій і воєнної агресії на природні ресурси, розміри завданих ними екологічних й економічних збитків, як у регіональних, так і у державному масштабах, знаходяться на початковому етапі. Для подолання зазначених загроз потрібно дослідити особливості екологічних порушень, що виникли внаслідок воєнної агресії, здійснити їх оцінку та обґрунтувати способи відновлення стану компонентів НПС та природних ресурсів. При цьому потрібно враховувати короткострокові та віддалені наслідки, прямий та опосередкований вплив воєнної агресії.

Серед першочергових завдань з відновлення та поліпшення стану екосистем є розроблення ефективної системи показників і критеріїв, які б дозволили не тільки зафіксувати реальний об'єм завданої шкоди, а й вжити найефективніших заходів, щоб уникнути подальшого погіршення ситуації та відновити їх до безпечного стану. Відбудова України після війни потребуватиме не тільки економічних ресурсів, але й уваги до екологічних питань, адже відновлення довкілля – це основа сталого майбутнього для нинішнього і наступних поколінь.

## Додаток Б



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ ЗАХИСТУ РОСЛИН, БІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ

## ЗБІРНИК

матеріалів доповідей

V ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ І  
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ



**«ЕКОЛОГІЯ - ВИКЛИКИ СУЧАСНОСТІ»**

24-25 вересня 2025 р.

Київ – 2025

УДК 631.95

### ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

*Гончаренко Н.С.*, студентка I курсу магістратури, факультету захисту рослин,  
біотехнологій та екології

*Бондарь В.І.*, кандидат с.-г.наук, доцент, старший науковий співробітник  
кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

Важкі метали належать до найнебезпечніших забруднювачів навколишнього середовища, оскільки вони характеризуються високою токсичністю, кумулятивною дією та здатністю до довготривалого збереження у ґрунтах. Особливу актуальність ця проблема набуває в умовах воєнних дій, які супроводжуються масованим застосуванням боєприпасів, вибухових речовин, військової техніки та інфраструктурних руйнувань. У результаті цих процесів у ґрунтовий покрив надходять значні кількості свинцю (Pb), кадмію (Cd), міді (Cu), цинку (Zn), нікелю (Ni), хрому (Cr) та інших металів, які формують потенційно небезпечні осередки техногенного забруднення.

Ґрунт є ключовою ланкою біосфери, оскільки він виступає як депо для важких металів та джерело їх подальшої міграції у рослини, воду та атмосферу. В умовах надмірного накопичення важкі метали змінюють фізико-хімічні властивості ґрунту, порушують мікробіоценоз, знижують родючість та створюють довгострокові ризики для екосистемної рівноваги. У біологічному аспекті найбільш небезпечним є їх проникнення в харчові ланцюги, що спричиняє біоаккумуляцію та біомагніфікацію токсикантів у живих організмах.

Для оцінки ризиків від важких металів у ґрунті застосовуються комплексні методи хімічного аналізу, біотестування, екологічне нормування, яке ґрунтується на порівнянні фактичних концентрацій із гранично допустимими рівнями (ГДК), розрахунок коефіцієнтів безпеки.

З точки зору впливу на здоров'я людини, особливу небезпеку становить хронічне надходження важких металів із продуктами харчування та питною водою. Свинець уражає нервову систему, викликає анемії та порушення розвитку у дітей. Кадмій асоціюється з ураженням нирок та остеопорозом. Мідь і цинк у надлишкових кількостях мають гепатотоксичну дію, тоді як нікель та хром проявляють канцерогенні властивості. Таким чином, оцінка ризиків повинна враховувати як екологічний аспект (вплив на біоту та довкілля), так і медико-біологічний аспект (ризики для населення).

В умовах воєнних дій, коли території зазнають тривалого антропогенного тиску, особливого значення набуває розробка системи моніторингу стану ґрунтів. Вона має включати картографування осередків забруднення, регулярне лабораторне тестування та створення баз даних для оцінки просторово-часової динаміки вмісту металів. Додатковим завданням є прогнозування міграційних процесів у ґрунтово-водних системах та моделювання ризиків для сільськогосподарського виробництва.

Зниження екологічних і санітарних ризиків можливе шляхом проведення рекультиваційних заходів (застосування сорбентів, фітомеліорації, внесення органічних добрив) та впровадження біотехнологічних методів детоксикації ґрунтів. Науково обґрунтована система оцінки й управління ризиками дозволить мінімізувати негативний вплив важких металів на довкілля та захистити здоров'я населення, що є стратегічно важливим завданням для післявоєнної відбудови України.

#### **Список використаних джерел:**

1. Дослідження впливу техногенного забруднення внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів/ П. Писаренко та ін. 2022. С. 1–9.
2. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. – 32 с.
3. Диняк О.В., Кошлякова І.Є. Потенційна небезпека для довкілля та населення від нафтохімічного забруднення геологічного середовища внаслідок бойових дій. Київ, 2023. С. 1–6
4. Максимюк А.Б., Петрушка К.І. Екологічні наслідки військових дій російської федерації в Україні. Львів, 2023. С. 1–6
5. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text> Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті