

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

на тему:

**«Оцінка екологічних збитків, завданих земельному фонду  
України під час війни»**

Грубрин Юлія

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології  
Кафедра технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Ткаченко Т.М. \_\_\_\_\_

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

на тему:

**«Оцінка екологічних збитків, завданих земельному фонду України під час війни»**

Виконав студент групи ЕК-21

Спеціальність: 101 «Екологія»

Грубрин Юлія

Керівники: проф. Волошкіна О.С.

Київ 2025 р

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем та екології

Кафедра: технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 101 «Екологія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Ткаченко Т.М. \_\_\_\_\_

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 року

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

\_\_\_\_\_ Грубрин Юлія \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи: «Оцінка екологічних збитків, завданих земельному фонду України під час війни»
2. затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_\_\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.
2. Керівники роботи: проф. Волошкіна О.С.  
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання студентом роботи до захисту
4. Зміст пояснювальної записки за розділами: Вступ. Загальна характеристика стану земельного фонду України. Характеристика впливу військових дій на стан земельного фонду. Оцінка збитків завданих земельному фонду в наслідок військових дій. Висновки. Список використаної літератури.
5. Графічний матеріал: дипломна робота містить 17 рисунків та 20 таблиць з вихідними даними та розрахунками.

6. Календарний план виконання роботи: а) наукова частина;  
б) практична частина.

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ	
Загальна характеристика стану земельного фонду України	
Характеристика впливу військових дій на стан земельного фонду	
Оцінка збитків завданих земельному фонду в наслідок військових дій	
Висновки	
Список використаної літератури	
Остаточне оформлення роботи	
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			

8. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав. Кафедри	_____	<u>Ткаченко Т.М.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<u>Волошкіна О.С.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Студент	_____	<u>Грубрин Ю.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

## Реферат

Робота викладена на 140 сторінці друкованого тексту, містить 17 рисунків та 20 таблиць. Перелік посилань включає 59 джерел.

У роботі визначено екологічні ризики та впливи військових дій на земельний фонд України на основі методики визначення збитків, завданих наслідками воєнних дій, оцінки екологічних збитків, спричинених війною на території Донбасу, екологічних збитків земельному фонду України, спричинених військовими діями. Запропоновано заходи щодо зменшення впливу.

**Ключові слова:** земельний фонд, деградація ґрунтів, військові дії, оцінка екологічного стану, екологічна безпека

## Abstract

The work is presented on 140 pages of printed text, contains 17 figures and 20 tables. The list of references includes 59 sources.

The work identifies environmental risks and impacts of military actions on the land fund of Ukraine based on the methodology for determining damage caused by military actions, assessing environmental damage caused by the war in the Donbass territory, and environmental damage to the land fund of Ukraine caused by military actions. Measures to reduce the impact are proposed.

**Keywords:** land fund, soil degradation, military actions, assessment of the ecological state, ecological safety

## ЗМІСТ

Розділ 1	Загальна характеристика стану земельного фонду України.....	7
	.....	
1.1.	Аналіз досвіду політики відновлення земель країнами, які постраждали в результаті військової діяльності.....	9
1.2.	Характеристика практик із відновлення земель.....	11
Розділ 2	Характеристика впливу військових дій на стан земельного фонду.....	47
2.1.	Огляд досвіду із дослідження наслідків бойових дій для ґрунтів.....	47
2.2.	Огляд типів бойових дій і боєприпасів, що застосовуються в Україні під час війни, та їхній вплив на навколишнє середовище.....	58
2.3.	Умови міграції забруднюючих речовин в ґрунтах та в системі «ґрунт-рослина», «ґрунт-рослина-людина».....	79
2.4.	Типи порушень ґрунтів у зв'язку із бойовими діями.....	91
Розділ 3	Оцінка збитків завданих земельному фонду в наслідок військових дій.....	111
3.1.	Підходи до оцінки екологічних поствоєнних збитків.....	111
3.2.	Оцінка пошкодження земель Донбасу.....	115
	Висновки .....	127
	Список використаної літератури .....	128

## Вступ

**Актуальність теми.** Розвиток і стійкість економіки країни безпосередньо залежить від стану її земельних ресурсів. Земля є головним фактором розвитку країни, основою її економіки та продовольчого забезпечення. Україна є однією з найбагатших країн за якістю земельних ресурсів. В умовах глобальної трансформації сільського господарства антиантропогенний вплив на аборигенні культури планети лише посилюється, що призводить до незворотного процесу деградації. Невпинне виснаження природних ресурсів з кожним роком знижує стійкість природних екосистем та їхню здатність до самозабезпечення і саморегуляції. На жаль, тенденція погіршення стану земельних фондів спостерігається і в нашій країні. Основними процесами деградації земельних угідь в нашій країні є: зниження родючості ґрунтів та надмірний випас худоби; хвороби, що переносяться водою та вітром; втрата верхнього шару ґрунту; забруднення пестицидами та іншими добавками. [1-5]

Війна також спричинила різноманітні проблеми з фінансуванням земельних ресурсів. Під час військових операцій окупаційні війська не лише регулярно знищують критично важливу інфраструктуру, військові об'єкти та важливі шляхи постачання, але й страждає цивільне населення, сільська місцевість, фермерські господарства, ліси, місця проживання диких тварин, екологічні об'єкти, водойми та лісові масиви.

**Об'єкт дослідження** – екологічний стан земельного фонду Донбасу.

**Предмет дослідження** – екологічні збитки завдані земельному фонду Донбасу під час війни.

**Мета роботи** – визначити та оцінити екологічні збитки завдані земельному фонду України під час війни на прикладі земельних ділянок Донецької області.

**Завдання роботи:**

1. Охарактеризувати сучасний стан земельного фонду України.

2. З'ясувати чинники та екологічні ризики впливу військових дій на земельний фонд України.

3. Оцінити екологічні збитки завдані війною на території Донецької області.

## Розділ 1

### Загальна характеристика стану земельного фонду України

Регулювання всіх правовідносин у воєнний час є серйозним викликом як для законодавців, так і для суспільства. Незважаючи на стан війни, правове поле має належним чином забезпечувати права та інтереси громадян, фізичних та юридичних осіб, гарантовані Конституцією України та законами України, а також регулювати порядок виконання зобов'язань. Це також важливо у сфері земельних та екологічних відносин. Тому важливо вивчати ці питання в умовах воєнного стану та регуляторного законодавства, яке постійно змінюється та доповнюється.

Процес трансформації земельних відносин в Україні розпочався на початку 1990-х років з прийняттям 18 грудня 1990 року Постанови Верховної Ради Української РСР № 563-ХІІ «Про земельну реформу». Постанова визначила земельну реформу як складову частину економічних реформ, що здійснюються в Україні у зв'язку з переходом національної економіки до ринкових відносин. Початковою метою реформи був, серед іншого, перерозподіл земель у приватну і колективну власність та передача їх у користування підприємствам, установам і організаціям з метою створення умов для рівноправного розвитку різних сфер господарювання на землі. Реформа також мала сприяти формуванню багатоукладної економіки, раціональному використанню та охороні земель [1].

Протягом багатьох років нормативно-правова база земельної реформи та ринку землі розвивалася, але цей процес був перерваний з прийняттям Закону України № 2242-ІІІ від 18 січня 2001 року [2], який забороняє власникам земельних ділянок, крім передачі їх у спадщину та вилучення для державних і громадських потреб, укладати договори купівлі-продажу, дарування прав на земельні ділянки та інші способи набуття права власності на них. дарування земельних ділянок та інші способи набуття права власності на землю були заборонені, тому суттєвих змін не відбулося.

Однак повномасштабне російське збройне вторгнення в Україну в лютому 2022 року фактично зупинило земельну реформу. Водночас військові дії між нашою державою та іншими країнами значно погіршили екологічну безпеку, що є глобальною проблемою для цивілізації. В умовах війни існує загроза хімічної, біологічної та ядерної катастрофи через застосування зброї масового знищення проти цивільного населення України.

Нові реалії в умовах воєнного стану вимагали суттєвих та швидких змін до чинного законодавства з метою ефективного регулювання суспільних відносин. Як наслідок, за період дії воєнного стану на території України до чинного законодавства, що регулює земельні відносини, кілька разів вносилися зміни. Деякі з нововведень, прийнятих на початку воєнного стану, наразі були змінені або послаблені законодавцем, а для окремих правовідносин, викликаних військовими діями (або іншими факторами), було запроваджено нове регулювання.

Однак, на сьогоднішній день, з огляду на ескалацію бойових дій, тимчасову окупацію або навпаки, звільнення адміністративно-територіальних одиниць від окупації, зростає кількість звернень щодо відновлення правовстановлюючих документів, знищених внаслідок цих бойових дій, в тому числі земельних спорів щодо володіння, користування та розпорядження земельними ділянками, які перебувають у власності фізичних та юридичних осіб, територіальних спорів територіальні спори щодо меж в межах території громади, спори щодо обмежень у використанні земельних ділянок.

Водночас, екологічна ситуація залишається катастрофічною через існуючі фактори, оскільки військові дії завдають шкоди навколишньому середовищу, флорі і фауні та природним ресурсам. Тому екологічна безпека в умовах воєнного стану стає глобальною проблемою, що має життєво важливе значення для цивілізації. Ця проблема виникає через гуманітарну катастрофу, яка може статися внаслідок військових дій та незатребуваних тіл окупантів у зонах конфлікту.

Майже щодня відбуваються події, які забруднюють повітря, водні ресурси та ґрунт токсичними речовинами внаслідок бойових дій: у червні 2023 року окупаційні війська підірвали Каховську ГЕС та навмисно зруйнували Каховське водосховище, завдавши величезної шкоди сільському господарству, енергетичному сектору, житловому фонду, транспортній інфраструктурі та довкіллю України в цілому. Масштаби завданої екологічної шкоди заслуговують на увагу. Збитки, завдані навколишньому середовищу, оцінюються в 146,4 млрд. Внаслідок руйнування Росією греблі на Каховській ГЕС було затоплено п'ять населених пунктів, об'єм води зменшився на 14,775 млрд кубометрів, а площа затоплених лісів досягла 63 689 га [13].

### **1.1. Аналіз досвіду політики відновлення земель країнами, які постраждали в результаті військової діяльності**

Відновлення післявоєнних територій та безпечна утилізація матеріалів, отриманих від військових технологій, є пріоритетними елементами майбутнього розвитку території. Відповідно до Протоколу V до Конвенції про конкретні види звичайної зброї, існує юридичне зобов'язання вилучати, видаляти та знищувати вибухонебезпечні залишки війни. Однак існує прогалина в нормативних вимогах щодо рекультивації земель і відсутнє чітке юридичне зобов'язання вирішувати проблеми забруднення довкілля, спричиненого військовою діяльністю.

Зусилля залишаються несистематичними і індивідуальними, деякі країни здійснюють обмежені заходи з очищення, як, наприклад, Велика Британія, яка очистила забруднені території в Іраку після війни 2003 року. Воюючі сторони постійно стверджують, що відповідальність за дезактивацію лежить на державній адміністрації постраждалих територій. Однак відсутність чітких правових стандартів призвела до розбіжностей у тому, як сторони конфлікту надають фінансову і технічну допомогу для відновлення.

Наприклад, після війни в Перській затоці 1991 року США профінансували дезактивацію військової бази в Кувейті. Очищення від уранового забруднення в деяких частинах Сербії та Чорногорії проводилося місцевими експертами під наглядом ЮНЕП і за рахунок державного фінансування. Процес очищення токсичної спадщини В'єтнаму від діоксину затягнувся через відсутність офіційного механізму очищення та відмову США визнати вплив на навколишнє середовище. Лише нещодавно розпочалися фінансовані США роботи з очищення аеродрому Дананг, що стало важливим кроком, розпочатим у 2012 році після того, як екологічна оцінка, проведена неурядовими організаціями та екологічними консультантами, безсумнівно довела, що розпилення діоксину є проблемою. Однак заходи з очищення затягнулися на десятиліття, і лише деякі з 26 забруднених ділянок були покриті.

Ефективні проекти з відновлення були започатковані в південній частині Тихого океану та Японії, але основними причинами часто були економічні. Відділ природних ресурсів (жовтень 1945 року), створений під керівництвом генерала Дугласа Макатура у складі Верховного командування і Генерального штабу союзних сил, відповідав за організацію відновлення сільськогосподарських і лісових угідь. Багато військових полігонів були покинуті через політичні події в усьому світі. [1-5]

Вони часто ставали заповідними територіями. Перед фахівцями з рекультивациі стоїть серйозне завдання - розвивати природні процеси порушення, які підтримують динамічні екологічні режими.

За оцінками, військові полігони в усьому світі займають близько 6% поверхні Землі. Ця територія є передумовою для існування територій, важливих для збереження біорізноманіття.

У Сполучених Штатах менше 20% територій, доступних армії для тренувань і випробувань, мають видимі ознаки фізичного втручання, забезпечуючи таким чином величезні площі для видів рослин і тварин, які є толерантними до такого втручання і залежними від нього. Багато видів, що

перебувають під загрозою зникнення, які населяють військові полігони, мають високий рівень функціональності завдяки систематичному впливу, а не всупереч йому.

З 1989 року приблизно 1,5 мільйона гектарів військових земель були покинуті в Європі після закінчення холодної війни. У багатьох випадках було недоцільно використовувати дуже великі площі землі через хімічне забруднення і видобуток корисних копалин. Це було однією з причин, чому військові полігони були перетворені на природні заповідники. Тому деякі колишні військові полігони включені до мережі природоохоронних територій ЄС Natura 2000. Наприклад, Данія рекомендувала включити до цієї мережі 45% рекультивованих земель, Нідерланди - 50%, а Бельгія - 70%. [6-8]

Концепція міжнародних парків миру (також відомих як транскордонні природоохоронні території або транскордонні природоохоронні території) сьогодні набуває нового значення. Це може бути міжнародна зона, якою керують дві або більше сусідні країни на транскордонній території, або місце для спільного обміну (наприклад, неформальний обмін інформацією між Танзанією і Мозамбіком щодо браконьєрства на слонів і питань безпеки). Успішним прикладом є Міжнародний парк миру Вотертон-Глейшер, розташований між Альбертою, Канада, і Монтанною, США, створений у 1932 році і відомий як перший у світі парк миру. Інші приклади «парків миру» включають Сьєрра-дель-Кондор між Перу та Еквадором і демілітаризовану зону (ДМЗ) між Північною і Південною Кореєю. [7-9]

Прикордонні території мають свої особливості та власне життя, незалежне від національної політики. Однак для того, щоб міжнародний парк миру був ефективним, необхідно виконати певні умови. При створенні міжнародного парку миру ключовим моментом є високий ступінь децентралізації, що є проблемою для більшості країн, що розвиваються. Спроможність місцевих громад приймати рішення і запропонована модель співпраці, заснована на ситуативних вимогах «знизу-вгору», мають важливе значення для успішного розвитку таких територій. Така модель парку буде

привабливою для донорів і може сприяти налагодженню спільного управління між транснаціональними громадами там, де державні органи влади не мають достатнього потенціалу. Такі території відіграють важливу роль у вирішенні конфліктів і відновленні.

Поява експериментальних міждисциплінарних програм, військових і цивільних дослідницьких центрів (таких як Армійський екологічний центр (США), Лабораторія Центру управління навколишнім середовищем військової землі (штат Колорадо) і Департамент досліджень миру і конфліктів Упсальського університету (Швеція)) має забезпечення наукової бази.

## **1.2 Характеристика практик із відновлення земель**

У США землі, забруднені речовинами, отриманими від військових технологій, належать Міністерству оборони. Таким чином, МО несе відповідальність за їх відновлення і не може здавати ці території в оренду доти, доки розслідування не підтвердить, що вони можуть використовуватися за первісним призначенням.

МО США було першим, хто створив організацію для моніторингу довкілля у формі Системи екологічного менеджменту в 1970 році. Згодом інші країни почали намагатися зменшити вплив військових технологій на навколишнє середовище у схожий спосіб. [7-8]

Міністерство оборони США експлуатує 1 400 військових об'єктів, що охоплюють 10 мільйонів акрів. Процес відновлення ґрунтів після закриття військових баз розпочався, коли Конгрес прийняв Закон про комплексне екологічне реагування, компенсацію та відповідальність (1980). Згідно з цим законом, уряд мав бути залучений до процесу очищення ґрунтів від небезпечних відходів військового походження. Водночас, колишнім територіям, що постраждали від військової техніки, які перебували у віданні муніципалітетів, було дозволено самостійно вирішувати питання реабілітації.

Прискорення процесу очищення з метою повернення цих територій громадам здійснюється в рамках «Програми швидкого очищення».

Визнаючи важливість військових об'єктів для збереження біорізноманіття, Сполучені Штати розпочали зусилля з реабілітації колишніх військових полігонів як природних заповідників. Станом на 2014 рік, на 15 з цих територій було вжито заходів для підтримки та збереження біорізноманіття цих територій. Сполучені Штати також розпочали реабілітацію військових полігонів як природних заповідників. У 2011 році 15% з 130 великих військових баз, закритих з 1988 року, були перейменовані в національні заповідники і передані під управління Служби рибного господарства і дикої природи США, хоча право власності на землю залишається за Міністерством оборони.

Зусилля з ліквідації розпочалися після того, як Міністерство оборони ухвалило Закон про оборонні повноваження 1986 року. Цей закон зобов'язував МО знищити всі біологічні та хімічні запаси до кінця вересня 1994 року. У 1988 році до Закону були внесені поправки, які продовжили термін до 1997 року. Одна з найбільших проблем, однак, полягає в тому, що боєприпаси, які не вибухнули, вважаються нетоксичними. Це означає, що очищення боєприпасів не підпадає під дію Закону про збереження і відновлення ресурсів, який оплачує очищення інших забруднених ділянок.

План з п'яти пунктів президента Клінтона передбачає виділення коштів на території, які найменше потребують рекультивації і мають найбільший потенціал з точки зору вартості землі та цінності для сусідніх громад. План включає заходи з очищення військових об'єктів через планування, орієнтоване на повторне використання. [10-15]

Стандарти видалення боєприпасів і вибухових речовин, викладені в Законі про комплексне екологічне реагування, компенсацію і відповідальність, регулюють процес відновлення територій. Повноваження щодо виконання цього закону покладені на Президента США, а Виконавчий наказ 12580 (від 23 січня 1987 року) визначає Агентство з охорони

навколишнього середовища головним органом нагляду за роботами з відновлення територій. Міністерство оборони також має повноваження займатися реабілітацією на приватних землях. Таким чином, відповідальне федеральне агентство, що володіє землею, призначається «головним агентством» з реагування, а Агентство з охорони довкілля США зберігає свою наглядову роль. Для прискорення процесу очищення необхідно укласти міжвідомчі угоди між Агенцією з охорони довкілля та провідними агентствами з ліквідації наслідків аварії, зазначеними в Національному переліку пріоритетів. Крім того, до Закону про допомогу у ліквідації наслідків забруднення навколишнього середовища були внесені поправки, які вимагають від Агенції затверджувати рівні забруднення, визначені Міністерством оборони США. [12-15]

План землекористування затверджує тип власності, конкретне використання землі та вимоги до «чистої зони», яким має відповідати уряд США, перш ніж земля може бути задіяна у виробництві. При розробці планів землекористування враховується низка факторів, у тому числі екологічні, економічні та культурні умови, а також історичні аспекти. Міністерство оборони зобов'язане проводити різні оцінки ризиків на ділянках, щоб визначити відповідні реабілітаційні заходи для продажу або оренди землі для конкретного використання, залежно від типу і рівня забруднення. На практиці юрисдикція щодо затвердження розпорядження землею для певного виду використання може бути ускладнена зовнішніми факторами, такими як втручання парламенту для вирішення суперечок щодо майбутнього землекористування, місцева політика та групи зацікавлених сторін. Під час цього процесу «ДНР» зазвичай консультується з державними, місцевими та федеральними органами управління земельними ресурсами, такими як Бюро землеустрою, Лісова служба та Служба рибного господарства і дикої природи, а також з відповідними зацікавленими сторонами щодо запропонованого землекористування та безпечного використання земельних ділянок. Громадська думка може впливати на рішення на місцевому рівні,

оскільки місцеві комісії з планування зазвичай вимагають від Департаменту земель та розвитку зібрати та розглянути пропозиції громадськості або провести громадські слухання. Це робить весь процес затвердження певною мірою об'єктивним, оскільки громадська думка може впливати на затвердження. [13-17]

Забруднення матеріалами військового виробництва у Великій Британії є наслідком численних авіаударів і використання різних систем озброєння з часів Другої світової війни. Як наслідок, політика полягає в тому, що відповідальність за забруднення несуть землевласники, а не військові. Крім того, місцева влада часто співпрацює з землевласниками і розділяє з ними відповідальність за рекультивацію цих ділянок. Однак деякі території, які підпадають під категорію «особливих об'єктів», перебувають під юрисдикцією Агентства з охорони навколишнього середовища. Це переважно землі, що використовуються збройними силами, об'єкти з виробництва та утилізації хімічної і біологічної зброї та прилеглі до них території.

Інша відмінність у регулюванні стосується земель, що перебувають у власності Міністерства оборони. У цьому випадку Міноборони відповідає не лише за екологічний та геохімічний стан землі, але й за те, щоб земля, яка продається або здається в оренду, не була забрудненою або небезпечною для населення. Однак це положення також не гарантує, що всі забруднені території будуть підлягати 100% очищенню. Загалом, післявоєнний режим управління земельними ресурсами Великої Британії поклав більшу відповідальність на приватних землевласників. З огляду на цю регуляторну стратегію, Великобританія не надає жодних конкретних рекомендацій щодо управління цими територіями, а також не існує офіційних кількісних стандартів, які б гарантували екологічну та геохімічну оцінку цих територій. Не існує також офіційного, достовірного і надійного стандартизованого методу визначення вартості цих земель з боку неурядових організацій. Усвідомлюючи цю прогалину, Інформаційно-дослідницька асоціація

будівельної галузі опублікувала довідник про вибухові речовини, щоб допомогти приватним землевласникам, забудовникам і працівникам будівельної галузі зрозуміти цю екологічну проблему і те, яких заходів реабілітації слід вжити. Посібник пропонує двоетапний підхід: попередню оцінку ризиків та детальну оцінку ризиків.[17-18]

Міноборони не розробило детальних інструкцій щодо управління територіями, забрудненими матеріалами військового виробництва, але запровадило нормативний підхід до кількісної оцінки ризиків, пов'язаних із забрудненням земель. МО використовує оцінку якості земель, яка включає попередню стратегічну оцінку та обстеження земель на основі пріоритетів, польові та кабінетні обстеження, детальне обстеження земель, оцінку варіантів та реакцію місцевих органів влади. Обстеження забезпечує оцінку якості землі, що характеризує рівень хімічного забруднення. Воно також враховує залишковий ризик (рівень ризику, який залишається після вжиття заходів для його зниження до прийняттого рівня), який оцінюється за чотирибальною шкалою від найменш вірогідного до найбільш вірогідного.

Результатом оцінки ризику є один з чотирьох «оціночних діапазонів» від найменшого ризику до високого ризику, з відповідними мінімальними заходами управління, визначеними для нього. Концепція «чистої» території також не береться до уваги на національному рівні. Відповідальність за післявоєнну відбудову поділяють як землевласники, так і Міністерство оборони, але досі не існує методології для ефективного визначення заходів з відбудови.

Характер бойових дій та загальна оцінка негативних наслідків для навколишнього середовища:

На території колишньої республіки Югославії (Південно-східна Європа) у період між 1991 та 2001 роками відбувалась низка збройних конфліктів:

1. Війна Словенії за незалежність (1991)
2. Війна Хорватії за незалежність (1991—1995)

3. Боснійська війна (1992—1995), в тому числі Операція НАТО в Боснії та Герцеговині (1995)

4. Війна в Косові (1998—1999), в тому числі Операція НАТО в Югославії (1999)

5. Конфлікт у Південній Сербії (2000—2001)

6. Конфлікт у Македонії (2001)

Військові дії в колишній Югославії завдали значної шкоди навколишньому середовищу. Опосередковано постраждали сусідні країни південно-східної Європи.

Військові операції НАТО проти Югославії тривали з 24 березня по 5 червня 1999 року під час косовського конфлікту.<sup>233 234</sup>. Більшість авіаударів було завдано по цілях у Сербії (включаючи Воєводину і Косово) і частково в Чорногорії. ВПС НАТО завдавали ударів по промислових об'єктах та інфраструктурі, руйнування яких супроводжувалося викидом отруйних речовин, забруднюючи поверхню, підземні води, ґрунт і повітря на Балканах понад 100 токсичними речовинами. Боєголовки, що використовуються силами НАТО, містять збіднений уран і налічують близько 31 000 боєголовок. Висока експлуатаційна інтенсивність військової авіації на відносно невеликій території (понад 34 000 літаків). польотів протягом трьох місяців) призвели до виявлення високих концентрацій забруднюючих речовин у повітрі та атмосферних опадах. Бомбардування та ракетні обстріли пошкодили 78 промислових об'єктів та 42 енергетичні об'єкти, включаючи електропідстанції, в Белграді, Панчево, Новому Саді, Приштині та інших містах. Ці руйнування і пов'язані з ними пожежі призвели до скидання і викиду токсичних забруднювачів у поверхневі води (включаючи Дунай) і атмосферу. Цінні ландшафти на заповідних територіях були пошкоджені. Вплив на ґрунт:

- локально пошкоджена структура ґрунту від бомбардувань та обстрілів,

- деградовані сільськогосподарські землі в Албанії (тут частково на заповідних землях) та Македонії через розміщення таборів для біженців (супроводжувались неадекватною або відсутньою каналізацією, несанкціонованими сміттєзвалищами, вирубкою дерев);

- мінні поля, головним чином в Косово.

З іншого боку, військові операції зменшили вплив сільського господарства на навколишнє середовище через знищення заводів з виробництва добрив (Сербія), переселення і руйнування сіл та видобуток корисних копалин (Косово). Недоступність великих територій сільської місцевості для видобутку корисних копалин затримує відновлення сільського господарства в сільській місцевості. У Боснії, наприклад, задокументовано, що колишні пасовища та орні землі заростають чагарниками, а орні землі «занепадають». [14-15]

Однією з найважливіших проблем післявоєнної відбудови країн, що постраждали від війни, є інституційна неспроможність, особливо у вирішенні екологічних питань.

Було визначено три фактори:

- 1) Головна загроза полягала у тому, що системи управління навколишнім середовищем були настільки порушені, що унеможливило належне подолання поствоєнних екологічних проблем. Інституційна неспроможність могла посилити екологічні «афтершоки» після конфлікту.

- 2) На час завершення конфлікту в більшості країн існували дуже неадекватні засоби та ресурси для моніторингу (Албанія, Македонія та Румунія). Ці країни не могли адекватно виміряти екологічні наслідки війни, а отже, і не могли належним чином підготувати плани щодо їх вирішення.

- 3) Згортання діяльності неурядових організацій (НУО) в Югославії через брак ресурсів і політичні реалії, була припинена транскордонна діяльність НУО. Загроза полягала у тому, що відсутність дієвих НУО не дозволяла організувати належного залучення громадськості до прийняття рішень і планування щодо навколишнього середовища. Як це було наприклад

у Косово, де міжнародні організації паралельно працювали над тими самими проблемами і водночас працювали в різних сферах без залучення місцевої громади<sup>238</sup>. Крім того, неурядові організації не могли допомогти у вирішенні екологічних проблем там, де офіційна влада не може долучитися.

На міжнародному рівні основними програмами за підтримки ЄС у Республіці Сербія (включаючи Косово), Республіці Чорногорія та Північній Македонії керувало Європейське агентство з реконструкції як головна установа ЄС з відновлення зруйнованих війною територій у цих країнах (місія завершилася у 2008 році). Програми реалізовувалися у кількох сферах. Одним з них було навколишнє середовище, причому екологічні питання також вирішувалися у сферах сільського розвитку, вододілів та інфраструктури. [18-17]

Війна в Хорватії. Військові дії призвели до утворення мінних полів, забруднення простору (грунту і води) токсичними і шкідливими хімічними речовинами, знищення флори, фауни і природної спадщини.<sup>240</sup> Викид забруднюючих речовин у навколишнє середовище пов'язаний із застосуванням звичайних видів озброєнь. Згідно з одним дослідженням, порівняно зі зразками ґрунту з районів з низькою інтенсивністю бойових дій, зразки ґрунту з районів, що зазнали інтенсивних бойових дій, мали вищі концентрації As, Hg і Pb, ніж дозволено національним законодавством про органічне сільське господарство, причому концентрації Hg навіть перевищували гранично допустимі значення для сільського господарства в цілому; Cu, Zn, Ni, Pb, P і Ba були в середньому вищими у зразках, зібраних у районах з високою бойовою активністю, ніж у зразках, зібраних у районах з низькою бойовою активністю.

Непрямої вплив спричинило бомбардування хімічного заводу, що призвело до вільного витоку небезпечних речовин і забруднення навколишнього середовища через відсутність функціонуючих очисних споруд для очищення хімічних розливів.

Типовою проблемою є місця видобутку корисних копалин. Площа мінно-підозрілих територій (МПП) (результат бойових дій під час війни) у 2015 році становила 954,5 км<sup>2</sup>, що менше, ніж у 2005 році, коли вона становила 1174,0 км<sup>2</sup>. Наразі площа мінно-підозрілої зони (МПЗ) в Республіці Хорватія становить 171,4 км<sup>2</sup> за результатами розмінування та загальної і технічної розвідки. Загрози громадській безпеці та неможливість користуватися землею, що підозрюється в замінуванні, протягом багатьох років мали значний вплив на розвиток територій, що постраждали від війни. Для того, щоб забезпечити систематичне, ретельне, ефективне і результативне вирішення проблеми мінного забруднення, у 1996 році був прийнятий Закон про протимінну діяльність, який став першим законом, що регулює протимінну діяльність в цілому (Закон набув чинності 21 жовтня 2015 року). Уряд Республіки Хорватія ухвалює однорічний план протимінної діяльності. План включає, серед іншого, дані про території та/або будівлі, для яких Міністерство внутрішніх справ готує попередній план розмінування і план технічного обстеження. Необхідність вирішення питання розмінування була також визначена в Програмі повернення шукачів притулку, біженців і переміщених осіб (1998 р.). [21-24]

Стратегія землеустрою Республіки Хорватія від 1997 року чітко ставить питання реабілітації земель у контексті розвитку постраждалих від війни сільських і міських територій та відновлення культурних ландшафтів внаслідок руйнування пам'яток. Що стосується майбутнього використання земель у сільському господарстві, закон наголошує на дотриманні екологічного підходу. Хоча немає чіткого акценту на землях, забруднених війною, проект переліку інструментів для сталого управління земельними ресурсами має включати аспекти відновлення земель. [25-27]

Інструмент.

- національні програми, які враховують ґрунт як природну основу задоволення інтересів місцевого населення,

- закони та інші нормативні акти, які мають бути вдосконалені та впроваджені для підтримки сталого землекористування, а також обмежувати використання продуктивних орних земель для інших цілей,

- методи, які заохочують сталий спосіб життя та зосереджені на конкретній екосистемі або водозбірній території, наприклад, ландшафтне планування, мають включати відповідні традиційні та місцеві способи землекористування в управління ґрунтами та вивчати можливість включення цінностей ґрунту та екосистеми в звіти про економічну ефективність.

У В'єтнамі США систематично знищували сільськогосподарські угіддя в масовому масштабі в рамках спланованої військової політики. Хімічне знищення посівів з повітря було важливою частиною основної програми США, спрямованої на видобуток ресурсів. Значна частина цієї американської військової програми так званої економічної війни також здійснювалася за допомогою бомбардувань і артилерійських обстрілів, а також різних наземних операцій. За оцінками, лише хімічне знищення посівів пошкодило 400 000 гектарів сільськогосподарських угідь у Південному В'єтнамі і негайно знищило понад 300 000 тонн продовольства.

Воєнні дії американської армії в Південному В'єтнамі також були важливим фактором війни. У Північному В'єтнамі деякі американські бомбардування та артилерійські обстріли призвели до утворення кратерів на оброблюваних землях і руйнування іригаційних систем. США використали 10 мільйонів тонн бризантних вибухових речовин, артилерійських снарядів та інших вибухових речовин проти Південного В'єтнаму протягом приблизно 10 років. У 1990-х роках США також використали проти Південного В'єтнаму загалом понад 1,5 мільйона тонн вибухових речовин.

Бомбардування завдало в'єтнамському ландшафту такої шкоди, якої не досягала жодна війна 20-го століття. За оцінками дослідників, кількість кратерів, залишених масованим бомбардуванням, становила приблизно 26 мільйонів. За оцінками, на В'єтнамі було скинуто приблизно 400 000 тонн напалмових бомб, які знищили 22 000 км<sup>2</sup> лісу. Основний руйнівний вплив

на ґрунти відбувся під час лісових пожеж. Високі температури спричинили раптову загибель біоти та швидке просідання земної кори в багатих на залізо ґрунтах через зміну оксидів. [19,28]

Під час Другої індокитайської війни значна кількість діоксину потрапила в навколишнє середовище Південного В'єтнаму у вигляді так званої суміші «Агент Помаранчевий» - найбільш широко та інтенсивно використовуваної хімічної зброї, яку США застосовували проти рослин. У В'єтнамі використовували кілька гербіцидів, у тому числі білі, сині, зелені та фіолетові агенти. У В'єтнамі використовували кілька гербіцидів, у тому числі білі, сині та зелені. Однак жоден з них не був настільки ефективним, як «Агент Помаранчевий». Близько 1 мільйона гектарів, або 90% території Південного В'єтнаму, було оброблено в рамках програм управління лісовим господарством. Близько двох третин ураженої території зазнали впливу близько 110 мг/га діоксину, тоді як деякі райони зазнали впливу в два-п'ять разів більшої кількості діоксину в результаті повторних застосувань. Потрапляючи в ґрунт, Agent Orange та інші гербіциди пригнічують мікробну біомасу і обмежують біологічне розкладання. З часом, однак, вони природним чином розкладаються внаслідок фотолізу і діяльності стійкої ґрунтової біоти.<sup>277,278</sup> Період напіврозпаду токсичних діоксинів у дефоліантах зазвичай становить від одного року до 10 років. Проте, під час війни у В'єтнамі (1955-1975 рр.) американські війська застосували в ґрунті Залишковий діоксин від використаних хімікатів все ще був присутній у багатьох районах південного В'єтнаму десятиліття потому. Як наслідок, місцеві фермери переїхали на менш продуктивні землі та в міські райони, схильні до ерозії, що збільшило екологічний тиск на міські райони.

Навіть через довгий час після закінчення війни наукові дослідження все ще виявляють небезпечні рівні забруднення діоксином у ґрунтах та в донних відкладах дренажних каналів, де він взаємодіє з органічними речовинами і поширюється по харчових ланцюгах, і зрештою, засвоюється організмом людини.

Діяльність з вирубки рослинності у В'єтнамі трансформувала ґрунтові процеси. Широке і постійне використання гербіцидів для знищення посівів і лісів, а також знищення рослинності бульдозерами призвело до широкомасштабної ерозії ґрунту, втрати багатих на органіку верхніх шарів ґрунту і посилення повеней. Через понад 50 років після припинення використання гербіцидів діоксин, забруднювач виробництва гербіцидів, все ще залишається в ґрунті в сільській місцевості та навколо колишніх військових баз.

В'єтнам повністю залежить від іноземних держав, і його потреба в допомозі визнана ООН. Після закінчення війни В'єтнам отримав допомогу від щонайменше 11 агентств ООН, понад 17 країн і різних приватних компаній з усього світу. Загальний обсяг допомоги за останні роки склав приблизно 1,5 мільярда доларів США, що робить В'єтнам одним з найбільших одержувачів допомоги у світі. [18,23,29]

Допомога США Південному В'єтнаму почалася в 1954 році; до 30 червня 1968 року загальна сума допомоги перевищила 3 мільярди доларів США. Наприкінці 1966 року Агентство міжнародного розвитку, яке спрямовує зовнішньоекономічну допомогу США, змінило свої цілі у В'єтнамі з «здійснення операцій з підтримки економіки та функціонування урядових міністерств» на «зусилля, спрямовані на допомогу в'єтнамському уряду в ініціюванні нових програм модернізації та розвитку сільських районів».

Відповідно до Рішення Прем'єр-міністра В'єтнаму 1 березня 1999 року «Про створення Національного координаційного комітету з подолання наслідків застосування Сполученими Штатами Америки токсичних хімічних речовин під час війни у В'єтнамі», було заплановано (Комітет 33):

- Повністю знешкодити токсичні хімічні речовини на сильно забруднених територіях. Висадити 300 000 га нових лісів на «голих» землях, деградованих токсичними хімікатами. Посилити потенціал для дослідження токсичних хімікатів та аналізу вмісту діоксинів у компонентах

навколишнього середовища з метою зменшення їхнього вмісту до міжнародних стандартів.

- Здійснити комплексну оцінку шкоди, завданої природним ресурсам і навколишньому середовищу токсичними хімічними речовинами. Провести випробування технологій, які мають здатність повністю очищати від діоксину ґрунт і донні відкладення.

- Розпочати роботи з очищення забрудненого діоксином ґрунту та донних відкладів в аеропортах в Дананг, Б'єнхоа, Фукуок і нещодавно виявлених місцях з рівнями діоксинового забруднення вище допустимого.
- Побудувати модель відновлення біорізноманіття на сильно розпилених територіях.

- Провести моніторинг діоксинів у навколишньому середовищі (ґрунті, воді, повітрі, продуктах харчування) на сильно забруднених територіях.

- Завершити створення системи організацій, що забезпечують керівництво та управління Плану дій від центрального до місцевого рівня. Виходячи з конкретних умов і вимог, можуть бути створені спеціалізовані групи в міністерствах, галузях та населених пунктах.

- Посилити управлінську спроможність керівних органів кожної місцевості, щоб вони були здатні організовувати, спрямовувати та впроваджувати План дій.

Уряд В'єтнаму докладає значних зусиль, щоб засипати тисячі бомбових воронки, розкиданих по всій країні, і виявити боєприпаси, що не вибухнули. Міністерство лісового господарства В'єтнаму розробило 10-річний план, згідно з яким 3,7 мільйона акрів безплідної землі буде засаджено лісом. Національний план охорони природи передбачає висаджувати 500 мільйонів дерев щороку.

Після війни в'єтнамці зрозуміли, що Очеретяна рівнина, важливий елемент екології країни, не відновилася. Єдиним рішенням було утримати вологу в колишніх болотах. Це призвело до відродження дамб для утримання води під час сезону мусонів. На сьогоднішній день тисячі гектарів засаджено

деревами, які витримують високий рівень кислотності, що зберігається в дельті. У дельті Меконгу дерево казібу також поступово відновлюється.

Екологічну та економічну оцінку постраждалих сільських територій можна розділити на дві категорії: повне знищення та значне пошкодження земель. До першої категорії в основному належать лісові масиви, перетворені вибуховими речовинами у воронках. Ці воронки займають трохи більше 100000 га. На додаток до багатьох невеликих артилерійських воронок, за оцінками, в Південному В'єтнамі утворилося від 10 до 15 мільйонів великих бомбових вирв, які сьогодні є невід'ємною частиною регіональної топографії. Друга категорія - це землі, уражені металевими осколками. В результаті було втрачено близько 5 мільйонів гектарів, або понад 40% лісових масивів Південного В'єтнаму. [23,30]

У вересні 2018 року Міністерство оборони підписало меморандум про взаєморозуміння з японським генеральним підрядником Shimizu Corporation щодо будівництва заводу з дезактивації на авіабазі Б'єнхоа. Завод дезактивуватиме ґрунт за допомогою методу фільтрованої губки (більш відомого як «промивання ґрунту») і, як повідомляється, здатний дезактивувати до 40 тонн ґрунту на годину. Ця технологія дозволяє відокремити понад 90% діоксинів у забрудненому ґрунті і, як стверджується, є менш шкідливою для навколишнього середовища, ніж термічна обробка всього ґрунту. Очікується, що вартість цієї нової технології буде приблизно вдвічі меншою, ніж вартість методу термічної десорбції, який використовується в аеропорту Дананга. За даними USAID, результати випробувань, надані Shimizu, не досягли очікуваного рівня економії коштів. Також було оголошено, що компанія Shimizu проведе повторне тестування з використанням кондукційного нагріву, щоб отримати кращі результати.[35]

*Таблиця 1.1. Функції міністерств, установ та організацій В'єтнаму у межах реалізації Плану дій з подолання наслідків застосування США токсичних хімічних речовин*

Інституційний орган	Функції
Комітет 33	Надає рекомендації та організовує виконання Плану дій, подає Прем'єр-міністру пропозиції щодо коригування змісту Плану дій; організовує проведення моніторингу та періодичної оцінки виконання Плану заходів(дій); подає Прем'єр-міністрові щорічні звіти про результати виконання Плану заходів; координує діяльність з питань інформації, освіти та комунікації пов'язаних з Планом дій
Міністерство природних ресурсів та екології	Надає допомогу Комітету 33 в координації роботи міністерств, галузей та територій з метою організації виконання Плану дій; спрямовує та організовує створення В'єтнамського науководослідного центру з токсичних хімічних речовин/діоксидів на базі ресурсів лабораторії з тестування на діоксини та Комітету 33; збирає інформацію про токсичні хімічні речовини лабораторії та Комітету 33; публікує карти розпилення токсичних хімікатів; координує з Міністерством науки і технологій для оприлюднення інформації щодо порогових рівнів діоксину в навколишньому середовищі
Міністерство оборони	Здійснює координацію з відповідними міністерствами, секторами та місцевими органами влади задля картографування, очищення сильно забруднених територій; спрямовує відповідні відомства, підпорядковані міністерству, до участі в дослідженнях та лікуванні захворювань/інвалідності жертв отруйних хімічних речовин; опубліковує кількість (найменування) армійських підрозділів, що діють на територіях, розпиленних токсичними хімічними речовинами
Міністерство праці, у справах інвалідів та соціальних питань	Оцінює результати реалізації політики щодо постраждалих від токсичних хімічних речовин, а також вносить зміни, доповнення або подає пропозиції до органів, уповноважених вносити зміни та доповнення до політики щодо постраждалих від токсичних хімічних речовин; Зобов'язане розбудовувати потенціал та забезпечувати заклади, що надають допомогу та підтримку жертвам токсичних хімічних речовин; розробку системи виявлення жертв токсичних хімічних речовин і оборони, в підготовку системи ідентифікації жертв токсичних хімічних речовин і організувати перепис осіб, постраждалих від токсичних хімічних речовин

Міністерство аграрної політики та сільського розвитку	Скликає, координує з Міністерством природних ресурсів та екології та відповідними місцевими органами влади з метою організувати реалізацію проектів з відновлення довкілля та лісопосадок у районах, що зазнали значної деградації лісонасаджень на деградованих внаслідок впливу токсичних хімікатів територіях
Міністерство науки і технологій	За погодженням з Комітетом <sup>33</sup> надає методичну допомогу відповідним відомствам в організації проведення наукових досліджень з питань токсичних хімічних речовин та створення потенціалу досліджень з токсичних хімічних речовин та розбудови потенціалу в галузі досліджень з токсичних хімічних речовин
Міністерство планування та інвестицій	Скликає, координує з міністерствами та місцевими органами влади з метою підготовки та керівництва інтеграцією Плану дій у стратегії, планування та у соціально-економічних питаннях
Міністерство юстиції	Скликає та координує з відповідними відомствами вивчення правових підстав для звернення до уряду США та хімічних компаній, нести відповідальність за ліквідацію наслідків застосування токсичних хімікатів у В'єтнамі
Міністерство фінансів	Координує з Міністерством планування та інвестицій у розподілі ресурсів, узгодженні бюджетів та джерел фінансування програм і проектів, пов'язаних із Планом дій.
Міністерство закордонних справ	Очолює підготовку, організацію та реалізацію плану інформаційно-пропагандистської та дипломатичної боротьби у сфері дослідження та подолання наслідків впливу токсичних хімічних речовин.
Міністерство зв'язку та інформації	Спрямовує комунікаційну та просвітницьку роботу з метою підвищення обізнаності та відповідальності всього суспільства у подоланні наслідків застосування токсичних хімічних речовин. Організовує зовнішню комунікацію з міжнародною спільнотою, зокрема з американським народом.
Провінційні та міські народні комітети	Організують реалізацію Плану дій у кожному населеному пункті; координують роботу з міністерствами, відомствами, галузями для реалізації програм, проектів, передбачених Планом дій; мобілізують всі ресурси та інтегрують відповідні заходи в інші програми в населеному пункті для досягнення цілей Плану дій
Громадські	Заохочують політичні, громадські та масові організації, громадські об'єднання, бізнес, громади в

організації, бізнес та громади	країні та за її межами до участі у заходах, спрямованих на стимулювання(агітацію) державних установ до ефективної діяльності з подолання наслідків впливу токсичних хімічних речовин.
--------------------------------	---

Міністерство закордонних справ В'єтнаму заявило, що хотіло б отримати допомогу США у проведенні досліджень, щоб визначити, чи потрібна екологічна реабілітація для кожної з 25 потенційних «гарячих точок». На виконання зобов'язань USAID Конгрес виділив щонайменше 175 мільйонів доларів США на екологічну реабілітацію бази Б'єн Хоа протягом наступних шести років, виділивши щонайменше 175 мільйонів доларів США протягом шести фінансових років. Дослідження показують, що база Б'єнхоа є найбільш забрудненою гарячою точкою з 850000 тон забрудненого ґрунту. Тодішній міністр оборони США Джим Меттіс відвідав аеропорт Б'єнхоа 17 жовтня 2018 року. Відвідавши місце колишнього сховища «Agent Orange», міністр Меттіс, за переказами, сказав: : «Ми пообіцяли допомогти... і ось Америка виконує свою обіцянку щодо виправлення деяких помилок минулого».

У березні 2019 року Агентство США з міжнародного розвитку уклало контракт вартістю 33 мільйони доларів США на три з половиною роки з новоорлеанською компанією Trigon Associates на розробку «Генерального плану проекту закриття бази Б'єн Хоа». «Trigon мала надати архітектурні та інженерні послуги, в тому числі рекомендації щодо альтернативних методів реставрації. На той час очікувалося, що проект триватиме 10 років і коштуватиме 390 мільйонів доларів США.

1 листопада 2019 року Міністерство оборони В'єтнаму передало 37 га землі на авіабазі Б'єнхоа Агентству США з міжнародного розвитку в рамках спільного проекту з очищення. Початкова робота над цим проектом була зосереджена на подальшому видаленні забруднення діоксином з територій за межами авіабази. США виділили 300 мільйонів доларів США на очищення авіабази Б'єнхоа, плануючи очистити 500 000 м<sup>3</sup> забрудненого ґрунту і донних відкладень до 2025 року.

28 грудня 2021 року уряд В'єтнаму прийняв рішення № 2215 про національний план дій щодо подолання повоєнного впливу токсичних хімічних речовин/діоксинів у В'єтнамі на період з 2021 по 2030 рік. План

передбачає, що заходи з подолання наслідків використання токсичних хімікатів будуть здійснюватися систематично, комплексно і цілеспрямовано, з єдиною точкою фокусу і тісною координацією від центральних до місцевих органів влади.

### 1.3. Характеристика практик із відновлення земель

Метою є нормалізація стану ґрунту та відновлення земель зі зменшеним хімічним впливом на рослини. Реабілітація земель - це процес перетворення забруднених земель на придатні для використання території.

Вибір технології реабілітації значною мірою залежить від характеру і ступеня забруднення, призначення і використання земель, що підлягають реабілітації, а також від наявності ефективних і економічно вигідних технологій. Фізичні та хімічні властивості ґрунту і кліматичні умови також є важливими факторами при виборі методу реабілітації.



Рис.1.1. Методи рекультиваци забруднених земель

Для того, щоб вибрати технологію рекультиваци, яка може оптимально компенсувати вплив забруднювача на ґрунт, необхідно комплексно розглянути низку різних факторів. Основними факторами є потенційна здатність технології вирішити основну проблему зменшення вмісту забруднювача, вартість очищення, доступність і готовність технології, вплив

на навколишнє середовище, тривалість очищення, громадська думка, а також оцінка масштабу і вартості.

Наразі методи обробки забрудненого ґрунту включають фізичну, хімічну та біологічну ремедіацію (очищення) (Рисунок 1.1).

**Таблиця 1.2.** Показники, що характеризують технології відновлення ґрунтів

Масштаб застосування	Експлуатаційна надійність - ЕН	Термін застосування -ТЗ	Загальна вартість – ЗВ (затрати на експлуатацію технології)
Регіональний (Р)	Природне відновлення	Залежно від природи забруднення	-
Локальний (Л)	Низька, високі експлуатаційні затрати	Більше 2-3 років	> 500 USD за тонну
	Середня надійність, Середні затрати при експлуатації	1-2 роки	200 – 500 USD за тонну
	Висока надійність, низькі затрати при експлуатації	0,5-1 рік	< 200 USD за тонну

**Таблиця 1.3.** Орієнтовна вартість використання технологій відновлення ґрунтів

Технологія	Орієнтовна вартість
Землеробство	Лабораторні дослідження від 20 000 USD (1 м <sup>3</sup> ), пілотні дослідження від 100 000 USD; Обробка 1 м <sup>3</sup> ґрунту до 100 USD
Стабілізація	Вартість технології з реагентами складає (за 1 м <sup>3</sup> ) від 50 USD до 120 USD – для поверхневих забруднень, від 200 USD для глибинних. Окремо закладається вартість на обладнання від 200000 USD залежно від особливостей території, вартості електроенергії
Фітосанація	Вартість 1 га потужністю 0,5 м ґрунту складає від 150 USD до 250000 USD
Компостування	Вартість технології залежить від кількості обробленого ґрунту, доступності добавок, типу забруднюючих речовин і складає 200 USD за 1 м <sup>3</sup> при обробці 20000 м <sup>3</sup>

	ґрунту
Хімічне вилуговування (промивання)	Вартість технології складає від 30 USD до 300 USD за 1 м <sup>3</sup> ґрунту з урахуванням типу та концентрації речовин, що входять в склад розчину
Термічна десорбція	Вартість обробки складає від 10 до 70 USD за 1 м <sup>3</sup> ґрунту. Пілотні дослідження сягають затрат від 10000 USD. Концентрація забруднень, ландшафтно-геохімічні умови визначають верхню межу вартості
Хімічна екстракція	Вартість технології оцінюється від 150 USD до 500 USD за 1 м <sup>3</sup> ґрунту
Хімічне окислення/відновлення	Вартість всього процесу оцінюється в межах від 200 до 500 USD за тону обробленого ґрунту без врахування затрат на аналітичні дослідження
Захоронення	Вартість 1 т складає від 1000000 USD

**Таблиця 1.4. Технології рекультивації ґрунтів внаслідок хімічного впливу**

Категорія	Технологія	Зміст	Переваги	Обмеження	Сценарії використання ділянок	Залучення стейкхолдерів	Експлуатаційна надійність	Масштаб застосування	Термін застосування	Загальна вартість
Фізична ремедіація	Технологія видалення забрудненого шару	Використання методів перевертання ґрунту та видалення поверхнього шару	Підходить для ділянок з невеликими забрудненими площами	Високий обсяг інвестицій; руйнування структури ґрунту; ризик вторинного забруднення	Заліснення (Клен гостролистий ( <i>Acer platanoides</i> ))	Інвестори, міжнародні донори	0	Р	2	1
	Стабілізація	Передбачає фізичне зв'язування забруднюючих речовин в	Низька вартість установки; утворені та стабілізовані матеріали є стабільним	Сумнівна результативність затверділих/стабілізованих матеріалів; необхідність подальшого моніторингу вмісту важких металів; економічна недоцільність, лише у випадку, коли сорбенти є місцевою сировиною	Виключення із сільськогосподарського використання, створення буферних зелених зон	Місцева влада, громада, користувачі	0	Р	3	2

		<p>межах стабілізованої маси (інкапсуляція) або індукування хімічних реакції між стабілізуючим агентом і забруднюючими речовинами з метою зменшення їх рухливості (стабілізація). Використання природних (цеоліти — клиноптилоліт) і штучних (комплексотворювачі, іонообмінні смоли, активоване вугілля,</p>	и та менш токсичними						
--	--	--	----------------------	--	--	--	--	--	--

		відходи деяких виробництв) сорбентів								
	Технологія термодесорбції	Використання високошвидкісних електричних ігнітних хвиль, що провокує підвищення температури ґрунту та випаровування забруднюючих речовин. Їхні пари транспортуються в систему очистки під вакуумом або прокачуються інертним газом із використанням обробки збору	Відносно безпечний, може видалити 99,8% елементів-забруднювачів з ґрунту; використовується в найбільш забруднених районах	Високе споживання енергії; ризик знищення поживних речовин (висока температура) та порушення властивостей ґрунту	Вирощування бобових культур з періодичним контролем якості ґрунтів	Інвестори, державні органи	3	Р	2	2

		конденсат у для утилізації елементів забруднювачів.								
	Електрокінетична технологія	Видалення забруднювачів з ґрунту за рахунок електрохімічних і електрокінетичних процесів, що протікають під впливом постійного електричного поля	Проста експлуатація; очевидний ефект і відсутність вторинного забруднення ґрунту	Використання відразу після виявлення забруднення ґрунту; невелика площа	Заліснення (Тополя) (Populus sp.) для миш'яку As і кадмію (Cd)	Інвестори, державні органи, місцева влада	1	Л	2	2
	Захоронення	Механічне видалення ґрунту, розміщення його на спеціально відведених майданчиках, які вистилаю	Миттєве очищення; високий рівень безпеки; довгостроковість	Висока вартість, що вимагає додаткової землі для зберігання забрудненого ґрунту; не підходить для ґрунтів із сильною водорозчинністю або високою проникністю забруднюючих речовин, а також ділянок з частою геологічною активністю та високим рівнем ґрунтових вод	Використання під будь-які культури за умови контролю якості сільськогосподарської продукції	Інвестори, державні установи	3	Р	1	3

		ться поліетиле ноюю мембрано ю високої щільності та іншими протифіл ьтраційни ми матеріала ми								
Хімічна ремедіація	Хімічне вилугуванн я (промивання)	Промиван ня забрудне ного грунту водою, хімічним и речовина ми, реагентам и та іншими рідинами або газами, здатними знищити забрудне ння з грунту. Важкі метали в грунті переводят ься в	Видалення забрудненн ня; мінімальне порушення грунту; низька вартість	Найкраще підходить для високопроникних ґрунтів; можливе забруднення ґрунтових вод; велике споживання води, необхідної для приготування промивного розчину	Вирощування кукурудзи ( <i>Zea mays</i> ) для Pb, Zn, Hg і Ni і соняшнику звичайного ( <i>Helianthus ánnuus</i> ) для кадмію (Cd), хрому (Cr) і нікелю (Ni), цезію (Cs) і стронцію (Sr) з періодичним контролем якості продукції	Інвестори, державні органи	3	Л	3	2

		рідку фазу шляхом опадів, іонного обміну, хелатування та адсорбції								
	Хімічна екстракція	Додавання реагентів або матеріалів у забруднений ґрунт для утворення слабозчинних матеріалів	Важкі метали фіксуються в ґрунті шляхом адсорбції, в результаті чого стають найменш доступним для вирощування рослин	Непостійне рішення, оскільки важкі метали потрапляють у ґрунт за сприятливих умов для вивітрювання	Створення буферних зелених зон (тополя, береза, верба)	Державні органи, місцева влада, громада, екологічні НУО	2	Л	2	2
	Хімічне окислення	Застосування хімічних окислювачів для трансформації забруднювачів в менш токсичні аналоги, що мають більшу стійкість	Очищення території за короткий період часу, економічно ефективний	Ризик неповного окислення та утворення токсичних проміжних речовин, зменшення проникності ґрунту	Заліснення: (біла акація ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ), вільха ( <i>Alnus</i> ), клен гостролистий ( <i>Acer platanoides</i> ))	Державні органи, місцева влада, громада, екологічні НУО	2	Л	3	2

		та меншу мобільність. Окислювачами найчастіше є озон, перекис водню, перманганат, хлор або двоокис хлору								
	Хімічне відновлення	Трансформація забруднювачів під дією відновників (залізо нульової валентності тощо	Застосування в широкому діапазоні; здатність обробляти високі концентрації забруднюючих речовин	Відновники є неселективними і можуть реагувати з ґрунтовим матеріалом; ґрунти з низькою проникністю обмежують ефективність; на іммобілізацію металів можуть вплинути зміни у фізико-хімічних властивостях ґрунту	Використання під будь-які культури за умови контролю якості сільськогосподарської продукції	Місцева влада, громада, користувач	2	Л	2	3
	Внесення мінеральних добрив	Рухливість забруднюючих речовин змінюється під дією мінеральних добрив. Сприяє зниженню	Відтворення органічної речовини ґрунту; збільшення біологічної активності	Вибірковість дії; залежність від типу ґрунту	Використання під будь-які культури за умови контролю якості сільськогосподарської продукції	Місцева влада, громада, користувачі	1	Л	2	3

		концентрації важких металів у рослинах за рахунок прояву ефекту «біологічного розбавлення»								
Біологічна ремедіація	Біовентиляція	Використання мікроорганізмів для розкладання органічних сполук з метою адсорбції. Ця техніка передбачає стимуляцію повітряного потоку для підвищення рівня кисню та посилення біоремедіації за	Економічно ефективний; посилює активність мікробів	Довготривалий; залежний від характеристик ґрунту (водопроникність тощо)	Посів люцерни посівної ( <i>Medicago sativa</i> ) та сої звичайної ( <i>Glycine max</i> Moench)	Інвестори, громада, користувачі	2	Л	3	2

		рахунок підвищення біоактивності мікрофлори								
	Верміремедіація	Використання дощових черв'яків для видалення забруднювачів із ґрунту, нафтопродукти можуть адсорбуватися. Транзит кишківника дощового черв'яка може змінювати структуру ґрунту шляхом руйнування та утворення органомінеральних	Збільшення доступності поживних речовин; підвищення швидкості біодеградації забруднюючих речовин	Складність практичного застосування (дощові черв'яки потребують чітко визначених умов, щоб вижити, і це може бути дорогим у випадку великих територій, які підлягають рекультивациі)	Вирощування кормових культур	Інвестори, громада, користувачі	2	Л	3	2

	комплексів									
Фітосанація	Обробка забрудненої території рослинами-концентраторами для усунення забруднювачів шляхом розщеплення забруднювача корінням рослин до менш токсичного елемента або поглинання забруднювача, накопичення його в стеблах і листі рослини.	Рослини переносять високі концентрації металів у корені, стебла та листя	Потреба в значних за площею територіях; тривалість обробки; залежність від кліматичних умов	Посадка дерев, що фіксують азот та можуть покращити формування гумусового горизонту (біла акація ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ), вільха ( <i>Alnus</i> ), лох ( <i>Elaeagnus</i> ))	Місцева влада, громада, користувачі	1	Л	1	3	
Фітостабілізація (фітореставрація)	Рослини стабілізують ґрунт і, отже,	Економічно ефективний; прискорення	Обмежується невеликими неглибокими ділянками забруднення; довготривалий щодо результативності, має низьку ефективність	Заліснення (тополя ( <i>Populus</i> sp.) для As і Cd, підтримує висхідний потік, щоб запобігти	Місцева влада, громада, користувачі	0	Л	1	3	

		забруднюючі речовини, що містяться в ньому (наприклад, Cu, Zn). Запобігає ерозії та зменшує вимивання забруднюючих речовин.	я росту рослин; поглинання та переміщення металу		низхідному вимиванню). Вирощування Міскантуса велетенського (Miscanthus) та насадження Верби енергетичної (Salix)	і				
	Фітоекстракція	Рослини з високою біомасою, які поглинають і накопичують важкі метали (наприклад, As, Cd, Zn), надлишок катіонів (наприклад, Na) або поживні речовини (наприклад, PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> ) у пагонах. Потім їх	Поглинання та транслокація забруднюючих речовин	Довготривалий щодо результативності; економічна ефективність непереконлива; може мобілізувати токсини в біоті	Посів: Череда волосиста (Bidens pilosa) для кадмію (Cd), Жовтий осот шорсткий (Sonchus asper (L.) Hill) для свинцю (Pb) і цинку (Zn), Соняшник звичайний (Helianthus ánnuus) для кадмію (Cd), хрому (Cr) і нікелю (Ni), Айстрові (Asteraceae або Compositae) для нікелю (Ni), Ярий ріпак (Brassica napus L.) для Zn (цинку)	Місцева влада, громада, користувач і	1	Л	1	3

		збирають і безпечно утилізують								
	Фітовипаровування	Рослини поглинають неорганічні забруднюючі речовини і виділяють їх з листя в атмосферу в газоподібній (леткій) формі (наприклад, Se і Hg).	Відсутність вторинних відходів	Обмежене леткими забруднювачами; забруднення повітря	Заліснення вербою енергетичною (Salix) та тополею (Populus s) для As і Cd	Інвестори, громада, користувачі	1	Л	1	3
	Біопаливо	Насипання викопаного забрудненого ґрунту на підкладку над землею та змішування з відповідн	Економічно ефективний; вимагає незначних площ	Пересихання ґрунту; примусова аерація; вимагає спеціальних заходів	Вирощування технічних культур, саджанців плодових і ягідних культур, квітникарство	Інвестори, громада, користувачі	3	Л	2	1

		ими поправки ми (поживни ми речовина ми, хімічним и речовина ми для регулювання рН, наповнювачами)								
	Біологічне природне ослаблення	Вибухові речовини зменшуються природними мікробами, які використовують забруднення як джерело для отримання енергії та росту	Простота використання; економічно ефективний, можливість поєднання з іншими техніками	Довготривалий щодо результативності; слабо ефективна технологія для сильно забруднених територій	Буферні зелені зони	Інвестори, громада, користувач	2	Л	2	2
	Біостимуляція	Постачання лімітуючих поживних речовин, таких як	Рентабельність; покращення вмісту поживних речовин у ґрунті та	Довготривалий щодо результативності	Посів травосуміші	Інвестори, громада, користувачі	1	Л	2	2

		вуглець, азот і фосфор, у ґрунт	біодоступність вибухової речовини для мікробного співтовариства							
	Компостування	Усунення забруднювачів шляхом змішування забрудненого ґрунту з біомасою, такою як відходи сільськогосподарства, харчові відходи та органічні вторинні матеріали	Поліпшення ґрунтової родючості (збільшується запас поживних елементів, ємність катіонного обміну, поліпшуються водно-фізичні властивості ґрунтів); підвищення стійкості ґрунтів до впливу забруднюючих речовин	Неоднозначність результатів щодо імобілізуючого впливу на рухливість важких металів, внаслідок різного ступеню розкладання органічних добрив Вимоги до великого простору; кропітка і трудомістка практика	Використання під будь-які культури за умови постійного контролю якості сільськогосподарської продукції Посів гірчиці сарепської та сорго (Sorghum)	Місцева влада, громада, користувачі	3	Л	2	3
	Землеробство	Забруднені ґрунти розкопують та розкладають на вистелених грядках	Низький технологічний слід; менш трудомісткий	Виникнення випаровування, що потребує багато часу; вимивання забруднюючих речовин	Використання під будь-які культури за умови контролю якості сільськогосподарської продукції	Громада, користувачі	4	Л	2	3
Консервація		Припинення	Природне	Довготривалий щодо результативності	Виключення із	Державні	0	О	0	-

я		ня чи обмеження господарського використання земель на визначений термін	відновлення		сільськогосподарського використання, залісення; залуження	органи, місцева влада				
---	--	---	-------------	--	---	-----------------------	--	--	--	--

*Таблиця 1.5. Технології рекультивациі ґрунтів внаслідок фізичного та механічного впливу*

Технологія	Зміст	Переваги	Обмеження	Тип забруднення	Сценарії використання ділянок	Залучення стейкхолдерів	Експлуатаційна надійність	Термін застосування	Загальна вартість

Осушувальна меліорація	Дренажні роботи для відведення ґрунтових вод з наступним очищенням	Низька вартість, мінімальне порушення ґрунту	Роботи мають враховувати ландшафтні-геохімічні умови території та глибину залягання ґрунтових вод	Просідання; підтоплення	Вирощування багаторічних трав, кормових культур; поєднання переривчастого борознування й лункування разом із щільуванням та кротуванням; мульчування (гноєм, соломою, лісовою підстилкою, торфом, стернею та післяжнивними рештками)	Місцева влада, громада, користувачі	2	3	2
------------------------	--	--	---	-------------------------	--	-------------------------------------	---	---	---

Зрошувальна меліорація	Вологозберігаючі заходи та гідротехнічні прийоми подачі води і перетворення її в ґрунтову вологу	Активізація діяльності мікроорганізмів; підвищення розчинності	Вторинне засолення; змитість; осідання,	Висушування; ущільнення	Чергування культур у сівозмінах; регулярне внесення гною, компостів, соломи, інших органічних добрив, відкритих проторів, рихлення і полив	Місцева влада, громада, екологічні НУО	2	3	2
------------------------	--	--	---	-------------------------	--	--	---	---	---

Агротехніч на меліорація	Послаблення поверхневого стоку і переведення його у внутрішньогру нтовий	Регулювання водно - повітряного, поживного, температурно го режимів, підвищення акumuлюючої і водопоглинаю чої здатності грунтів; інтенсифікаці я педогенезу	Засолення, осідання; необхідний моніторинг за станом кисло- лужної реакції	Водна ерозія, вторинне засолення, осолонцювання і злитизація; виснаження і порушення органопрофілю (кратери вибуху); забруднення продуктами пролізу	Відновл ення природн им шляхом або залісенн я. При неглибо ких кратерах до 0,5-1 м засипан ня грунтова ю масою, близько ю до природн их горизонт ів. Внесенн я гіпсу, застосув ання фізіологі чно кислих і сірковмі сних добрив, введенн я в сівозмін у багаторі чних	Місцева влада, громада, екологічні НУО	2	2	1
--------------------------------	--	---	---	--	--	--	---	---	---

Лісотехнічна меліорація	Зменшення швидкості вітру в приземному шарі, повернення в ґрунт втрачених поживних елементів	Покращення кліматичних умов; зниження дефіциту вологи; скорочення витрат на випаровування; вагомий протиерозійний ефект	Трудомісткість виконання меліоративних робіт	Вітрова дефляція і видування	Задержання, ґрунтозахисні сівозміни в різноглибинному обробітку (просапні і культурні і посіви багаторічних трав); обробіток ґрунту плоскорізами і сівбах зернових культур спеціальними стерньовими сівалками	Місцева влада, громада, екологічні НУО	2	2	1
-------------------------	--	---	--	------------------------------	---	--	---	---	---

Прибирання території	Механічне очищення поверхні, підтримання санітарного стану	Швидке видалення відходів бойової діяльності	Загроза геохімічного забруднення та створення сміттєзвалищ	Засмічення (захаращення)	Заходи з очищення токсичних відходів; використання під будь-які культур и за умови контролю якості сільськогосподарської продукції	Державні органи, місцева влада, громада, екологічні НУО	1	3	1
----------------------	--	--	--	--------------------------	--	---	---	---	---

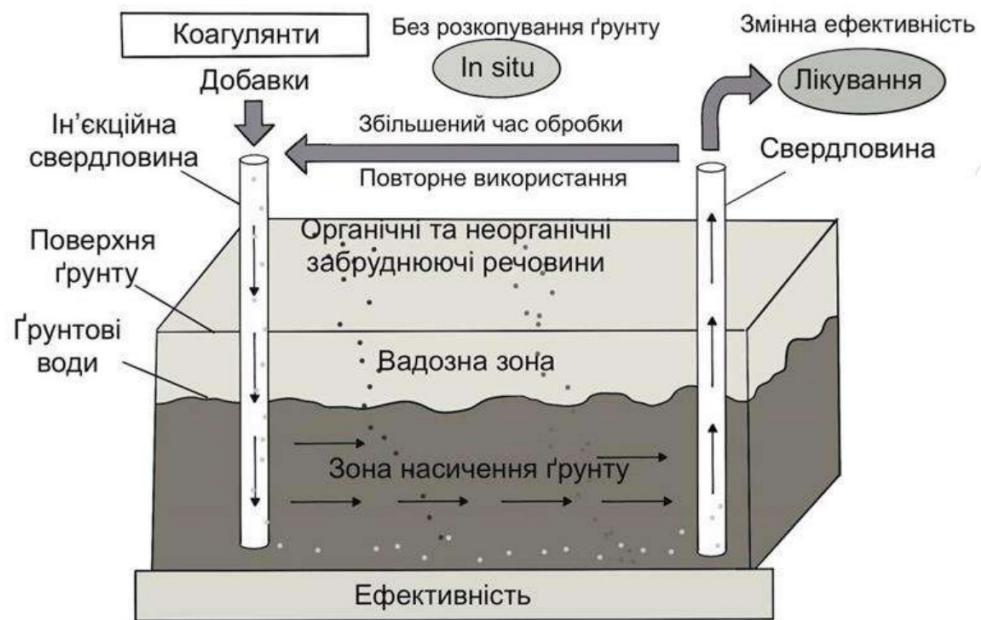


Рис.1.2. Схема хімічної екстракції

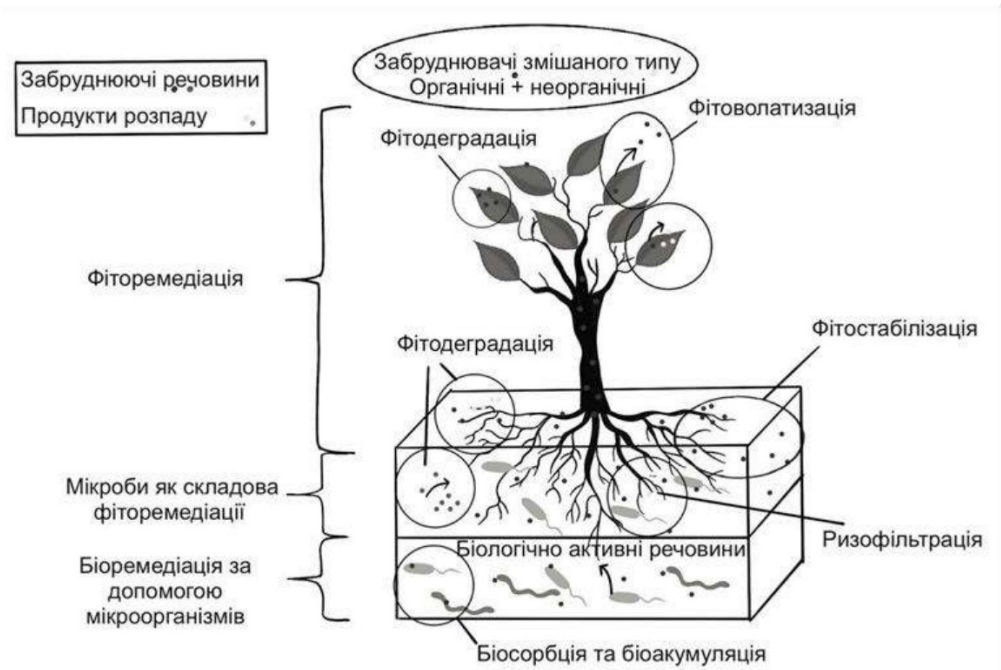


Рис.1.3. Різновиди фітосанації

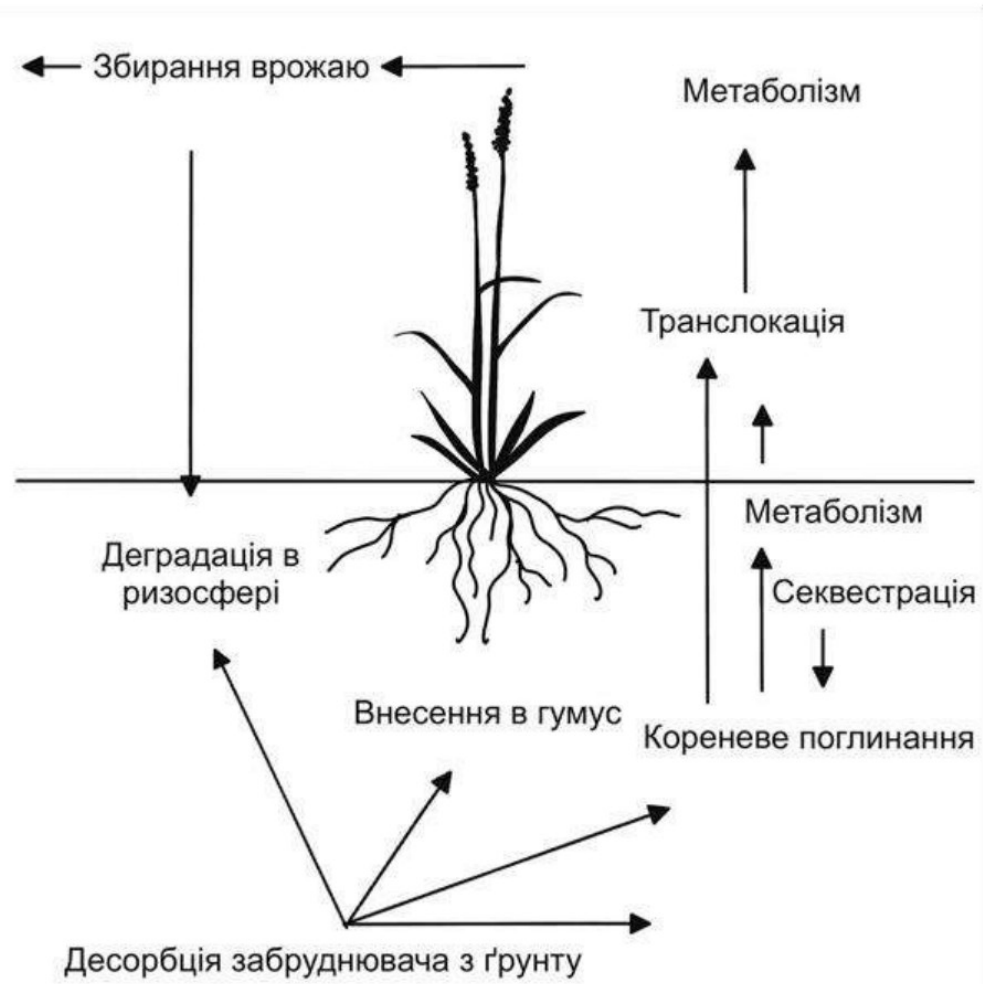


Рис. 1.3. Процеси фітореMediaції, які видаляють забруднення із ґрунтів



## Розділ 2

### Характеристика впливу військових дій на стан земельного фонду

#### 2.1. Огляд досвіду із дослідження наслідків бойових дій для ґрунтів

Вивчення наслідків війни в історичній перспективі може допомогти нам краще зрозуміти сучасні екологічні проблеми. Ґрунти завжди були заручниками військових дій. Дві основні причини деградації - це використання систем озброєння та військові операції, а також експропріація ресурсів ворогом. Перші дві причини повторюються протягом всієї історії.

Найбільш очевидною є пряме знищення рослинного покриву. Це навмисне нанесення шкоди для досягнення конкретної військової мети, наприклад, спалення полів і садів або знищення джунглів, щоб виявити ворожі схованки. Випадкові прямі руйнування спричинені навмисними діями для досягнення інших тактичних цілей, таких як риття окопів або бомбардування шляхів постачання. Воно менш очевидне під час військових операцій, але може мати довгостроковий вплив на ґрунтове середовище. Непрямий вплив зазвичай найважче передбачити. Прикладами непрямого впливу на ґрунти є втрата ґрунтових буферів і засолення.

Під час Першої світової війни ґрунтові ресурси найбільше постраждали у Франції. Битва на Соммі (1918) призвела до повного знищення сільської місцевості. Траншеї прорізали сільськогосподарські угіддя, залишивши спустошений ландшафт. Майже 250 000 акрів сільськогосподарських угідь було спустошено настільки, що було прийнято рішення вилучити їх з використання і дати можливість лісам відновитися.

Найбільше ліси постраждали під час Першої світової війни, що призвело до знищення лісових ґрунтів. Під час війни 1,5 мільйона акрів французьких лісів опинилися в окупованій та воєнній зонах. За попередніми оцінками, 494 000 акрів французьких лісів було повністю знищено. Мігруюча біота також постраждала від широкомасштабних бойових дій. Популяція

європейських буйволів, яка до початку війни перебувала на межі вимирання, значно скоротилася.

Морська піхота США брала участь у більшості конфліктів між двома світовими війнами: у 1927 році американські війська скинули 17-фунтові фугасні бомби в Нікарагуа, намагаючись зупинити громадянську війну. Американські військові мали лише 12 літаків у регіоні; у 1927 році морські піхотинці США 84 рази атакували опорні пункти партизанів. Загалом по партизанських силах в Нікарагуа з літаків було випущено 300 бомб і 30 000 набоїв. Хоча шкода, завдана навколишньому середовищу цими атаками, не була значною, вони створили прецедент для майбутнього застосування військової сили ВПС США. Така ж тактика бомбардування місцевості, знищення ґрунту і рослинності та витіснення партизанських сил визначила стратегію війни у В'єтнамі.

Під час Другої світової війни Норвегія була окупована нацистами з 1940 по 1945 рік. Перші пошкодження ґрунту були спричинені самими норвежцями, щоб захиститися від німецького вторгнення. Сильні дощі та снігопади розрідили ґрунт, а невеликі вибухи динаміту спричинили зсуви по всій країні. З розвитком війни німці почали ставити під загрозу свої позиції в Норвегії і очікували радянського нападу. Щоб знищити все, що становило цінність для союзників, німці відступили, зруйнувавши близько 15 мільйонів акрів землі. Сільськогосподарські угіддя та ліси були знищені разом з дикою природою. Довгострокові наслідки в цій сфері не вивчені. Відкриття дамб Нідерландами, щоб зупинити німецький наступ, також призвело до деградації цінних земель і подальшого затоплення та засолення.

Дві великі дамби в Рурській долині були розбомблені в травні 1943 року з метою знищення німецької промислової бази. Підраховано, що внаслідок руйнування дамб з дамби Морн витекло 34,3 мільярда галонів води, а з дамби Едер - 52,8 мільярда галонів, що знищило майже 7500 гектарів сільськогосподарських угідь.

Найбільших руйнувань під час Другої світової війни завдали бомбардування та обстріли. Під час французької окупації було знищено майже мільйон акрів лісу. Лісові пожежі знищили ще 247 000 акрів лісу, а непрямі збитки, такі як ерозія від розчищення великих ділянок землі, спричинили подальші втрати.

Особливо руйнівними були військові операції в пустелі Північної Африки та на південних островах Тихого океану. Поверхня пустельних земель була пошкоджена танками та іншими військовими машинами. Рослинність була повністю знищена, а піщані бурі стали частим явищем в районах військових дій, згідно з дослідженнями, проведеними між 1945 і 1946 роками. Було виявлено, що в районах, де поверхня ґрунту була порушена, швидкість вітру була лише вдвічі меншою, ніж зазвичай необхідна для виникнення піщаної бурі. Острови в південній частині Тихого океану часто зазнавали значних екологічних руйнувань. Одного разу американські війська заблокували острови за допомогою військово-морських сил, а також повітряних і морських бомбардувань на тривалий час. Коли позиції противника були ослаблені, американські війська повністю окупували територію і почали використовувати ресурси островів у військових цілях.

Одним з найбільш руйнівних і, можливо, найтриваліших наслідків Другої світової війни для довкілля стали ядерні бомбардування Хіросіми та Нагасакі (Японія): у серпні 1945 року дві ядерні бомби були скинуті з різницею лише у три дні. На додаток до прямої шкоди, спричиненої радіоактивним забрудненням, ще більшої шкоди завдали масові пожежі, «чорні дощі», які падали протягом кількох днів, забруднювали ґрунт і водні ресурси та знищували флору і фауну. Пожежі супроводжувалися сильними дощами, які змили більшу частину ґрунту, який і без того був тонким через відсутність рослинності.

Однією зі стратегій США в Кореї було бомбардування іригаційних дамб. Бомбардування зруйнувало дамби, вивільнивши сільськогосподарські ресурси і порушивши місцеве постачання рису. США значною мірою

покладалися на тактику підриву постачання продовольства в Кореї. Оскільки Корея була сільськогосподарською країною, ґрунтові ресурси стали військовою цілью.

Термін «випалена земля» набув нового значення у воєнний час в Азії, особливо під час війни у В'єтнамі. Операція «Рука ранчо» була найвідомішою з операцій уряду США зі знищення рослинності та подальшої деградації ґрунту. З використаних гербіцидів 75% від загальної кількості було спрямовано на ліси Південного В'єтнаму. Території, які обприскували багаторазово, мали значно більшу частку знищеної рослинності, ніж ті, які обприскували лише один раз. Були знищені мангрові ліси, посилилася ерозія і поступово руйнувалася берегова лінія. За оцінками дослідників, понад 300 000 акрів мангрових лісів було знищено в результаті дефоліантного обприскування під час війни у В'єтнамі, що завдало серйозної шкоди в'єтнамській екосистемі. Навіть сьогодні майже 20% приливних мангрових лісів і 30% прибережних мангрових лісів не відновилися. Операція «Ранчо Хенд», офіційно відома як «Аїд», була спрямована не лише на лісові ресурси. На додаток до пошкодження, посіви також обприскувалися, щоб зменшити кількість ворожих укриттів. Військові часто навмисно знищували сільськогосподарські угіддя. Така тактика мала на меті підірвати будь-яку підтримку, яка могла існувати серед цивільного населення.

Незважаючи на наслідки хімічної дефоліації та наявність дефоліантів у ґрунті та поверхневих водах, саме римські плуги завдали найбільшої шкоди навколишньому середовищу. Їх використовували для обробки величезних площ землі для різних цілей, включаючи будівництво злітно-посадкових смуг, нових військових баз і захоплення ворожих укриттів у джунглях. Ці величезні трактори могли обробляти до одного акра землі за годину, щодня працювало понад 150 тракторів. За підрахунками, щодня в Південному В'єтнамі розчищали понад 1 000 акрів землі. Таке масштабне розчищення ніколи раніше не було технічно можливим. Окрім втрати рослинності, оранка призвела до сильної ерозії і знищення біологічних середовищ існування.

Збитки від повеней на незахищених землях внаслідок ерозії становлять серйозну загрозу для В'єтнаму.

Були також розроблені методи використання лісових пожеж у військових цілях: згідно зі звітом Лісової служби США, розсекреченим у 1983 році, наприкінці 1965 року Об'єднаний комітет начальників штабів ініціював програму зі зневоднення заростей джунглів до рівня, на якому можливе їхнє спалювання.

У грудні 1965 року Агентство передових дослідницьких проєктів у співпраці з Відділом пожежної і атмосферної науки Лісової служби США у співпраці з Відділом приступило до реалізації цієї програми. Для виконання цього завдання Лісова служба розпочала три повномасштабні експлуатаційні випробування у В'єтнамі в період з січня по квітень 1967 року. Результати показали, що ділянки, вже оброблені дефоліантами, горіли краще, ніж зелені ділянки. Найуспішнішим експериментом з використання вогню як зброї стала велика пожежа в районі Мінханг на південному заході В'єтнаму. Оцінка кінцевих наслідків цієї пожежі була опублікована в рамках звіту під назвою «Лісові пожежі як військова зброя»: 75-85% початкового лісу і 50% водно-болотних угідь було знищено, з додатковими вторинними ефектами. Також збільшився ризик повеней на прилеглих до лісів територіях.

Вогонь продовжували використовувати як зброю під час війни у В'єтнамі. Американські військові виявили, що мангрові болота можна осушити під час сухого сезону, викопавши канали на Очеретяній рівнині. Цей метод зробив верхні 8 дюймів ґрунту непридатними для обробітку. Сірка виходила на поверхню сухого ґрунту і утворювала сірчану кислоту. Незабаром американці виявили, що посушливі райони є легкою мішенню для вогню, і важливі екосистеми В'єтнаму були знищені.

Американські військові також значною мірою поклалися на такі методи боротьби з повстанцями, як повітряні удари. Потужність бомбардувань досягла безпрецедентних масштабів: лише між 1965 і 1970 роками у В'єтнамі було використано вдвічі більше боєприпасів, ніж у Європі

та Тихоокеанському регіоні за весь час Другої світової війни. За оцінками, майже 16 мільйонів тонн боєприпасів було використано американськими військовими в Південно-Східній Азії, в тому числі для повітряних, наземних і морських бомбардувань.

Кратери, залишені бомбардуванням, досі видно по всьому В'єтнаму. Серія досліджень, проведених Артуром Вестінгом у 1969-1973 роках, підрахувала, що в Південно-Східній Азії відбулося понад 30 мільйонів вибухів, які щоразу залишали кратери. Діаметр кратерів у середньому становив 30 футів і не містив верхнього шару ґрунту, що перетворило більшу частину в'єтнамського ландшафту на пустку. Навіть сьогодні багато кратерів залишаються заповненими водою, що спричиняє проблеми з дренажем і створює середовище для багатьох патогенних мікроорганізмів.

В'єтнам часто був полігоном для випробування нової зброї та методів ведення війни. Однією з незвичних тактик, яку випробовували раніше, була зміна погоди: з 1963 року США почали експериментувати з посівом хмар за допомогою йодистого срібла та інших хімікатів. Модифікація погоди використовувалася для того, щоб порушити рух транспорту, заплутати радари і викликати повені та зсуви. Інформація про успіх цих програм відсутня, а Міністерство оборони ще не опублікувало дані про використані хімікати.

Загальне відновлення в'єтнамської суші після військового і технологічного перевантаження може зайняти понад 100 років. Наслідки військових операцій, від бомбардувань до римських плугів і застосування у В'єтнамі «Агента Помаранчевого», тривають довше, ніж будь-яка війна в історії США. Очищення землі та відновлення території вимагало тривалого застосування спеціальних методів.

За оцінками в'єтнамських експертів, майже 5,5 мільйонів акрів лісу і п'ята частина сільськогосподарських угідь були знищені в результаті бомбардувань, вирубок і дефоліації під час війни. Відновлення цих земель, що страждають від ерозії, займе багато часу. Територія В'єтнаму за своєю

природою схильна до ерозії, а рослинність не відновлюється швидко на землях з ознаками кальцифікації.

Наслідки екологічної війни у В'єтнамі мали наслідки для здоров'я населення, зокрема, затримку росту, хвороби і смерть від дефоліантів. Масштаб, тяжкість і тривалість цих екологічних наслідків призвели до появи перших міжнародних правових норм, що забороняють ведення екологічної війни: Конвенції про заборону впливу на навколишнє середовище 1976 року і Додаткового протоколу до Женевської конвенції 1977 року (Протокол I). Незважаючи на міжнародне засудження такої тактики, операції з дефоліації продовжували застосовуватися під час громадянських війн у Центральній Америці у 1980-х роках, хоча й меншою мірою, ніж під час війни у В'єтнамі. Збройні сили США брали участь у низці військових операцій у 1980-х роках, зокрема, у Центральній Америці. Головною «гарячою точкою» за часів адміністрації Рейгана була Нікарагуа. Підтримувані США контрреволюційні сили (контрас) вели партизанську війну в джунглях цієї маленької країни; до 1986 року контрас почали нападати на сільськогосподарські кооперативи та державні ферми в сільськогосподарських регіонах Нікарагуа. Економічне ембарго США проти Нікарагуа вже послабило країну, а напади на сільськогосподарські райони стали ще одним ударом.

У 1980-х роках американські військові брали участь у низці військових операцій, зокрема в Центральній Америці. За часів адміністрації Рейгана однією з головних «гарячих точок» була Нікарагуа. Підтримувані США контрреволюційні сили (контрас) вели партизанську війну в джунглях цієї маленької країни; до 1986 року контрас почали нападати на сільськогосподарські кооперативи та державні ферми в сільськогосподарських регіонах Нікарагуа. Економічне ембарго США проти Нікарагуа вже послабило країну, а напади на сільськогосподарські райони стали ще одним ударом.

Урядові війська також застосували низку тактик, які виявилися шкідливими для довкілля. Авіаудари пошкодили багато лісів і

сільськогосподарських угідь, а ерозія ґрунту стала серйозною проблемою: у 1983 році контрреволюційні сили, що відступали, влаштували лісові пожежі на півночі Нікарагуа, знищивши близько 74 000 акрів лісу за більш ніж місяць.

Військова присутність у регіоні завдавала шкоди навіть тоді, коли не було бойових дій. Великі території були розчищені для будівництва доріг, щоб Національна гвардія США та інші американські війська могли перевозити техніку.

Сьогодні тисячі нікарагуанців шукають нові сільськогосподарські угіддя. Їхні пошуки землі призвели до неконтрольованої вирубки лісів на територіях, які колись вважалися заповідними. Вирубані ліси піддаються ерозії та частим піщаним бурям.

Вторгнення США в Панаму (1990) мало схожі наслідки для цієї маленької латиноамериканської країни. До початку військових дій Панама мала одну з найбільших систем національних парків у Центральній Америці. Там було 15 національних парків, що займали 11% території країни.

Після вторгнення в Панаму обмеження на використання земель національних парків були послаблені, і тепер заповідні території опинилися під загрозою. Після панамського вторгнення вирубка лісів і браконьєрство на заповідних територіях стали серйозними проблемами.

Останнім прикладом прямого знищення довкілля під час військових дій є війна у Перській затоці 1991 року. Щоб зупинити вторгнення коаліції, були зруйновані опріснювальні установки, а економіка Кувейту і Саудівської Аравії зазнала краху. Іракські війська Саддама Хусейна вилили мільйони галонів нафти на мілководдя Перської затоки, систематично знищуючи нафтові родовища Кувейту. Детонатори, заздалегідь розміщені в стратегічних місцях, знищили близько 1250 нафтових родовищ, залишивши близько 600 палаючими. Останню пожежу вдалося загасити лише через дев'ять місяців після її початку. Дим від згорілої нафти містив залишки поліциклічних ароматичних вуглеводнів і важких металів (нікель, хром і

ванадій), які можуть викликати рак у населення. Дим також містить діоксид сірки та оксиди азоту, які накопичуються в атмосфері і випадають у вигляді кислотних дощів. Піщані ґрунти не є кислотостійкими, що призводить до деградації сільськогосподарського середовища. Джерела води також піддаються ризику забруднення від кислотних дощів.

Тисячі військових машин, що пересувалися пустелею, не лише знищили рослинні угруповання, а й порушили природну кірку пустелі, яка запобігає вітровій ерозії. Риття окопів і пересування військ збільшило втрати ґрунтових ресурсів. За оцінками, до 25% території Кувейту зруйновано, а довгострокові наслідки можуть виявитися найсерйознішими в Перській затоці.

За час війни коаліційні сили розбомбили низку хімічних, біологічних і ядерних об'єктів в Іраку, але жодна зі сторін не розкрила точної кількості, і реальні результати цих атак невідомі.

Французькі війська повідомили про виявлення токсичних речовин на іраксько-саудівському кордоні, ймовірно, з розбомблених заводів. Згідно з повідомленням, ці речовини не є небезпечними для здоров'я людей або навколишнього середовища, але довгострокові наслідки викиду цих токсичних речовин у повітря і ґрунт, ймовірно, будуть відомі лише через кілька десятиліть.

Пустелі Кувейту та Іраку дещо унікальні тим, що поверхня землі для закладання мін - це пісок, який постійно вивітрюється і переміщується. Це означає, що в пустелях було більше боєприпасів, що не вибухнули. Неможливо було пройти полями і зафіксувати боєприпаси, що не розірвалися, через видування і зсув піску.

За оцінками уряду, 70% (88 500 тонн) звичайних бомб, скинутих на Ірак, не досягли своїх цілей, а 20% (17 700 тонн) від загальної кількості не вибухнули. На додаток до звичайних бомб, розкиданих по пустелях Кувейту та Іраку, деякі частини пустелі (Кувейт) засмічені приблизно одним мільйоном бомб «Роккі», що не вибухнули, за видалення яких відповідають

США. Бомби «Роккі» важко прибирати, оскільки вони невеликі і не розташовані у фіксованому порядку. Якщо бомбу знаходять, її знешкоджують на місці. Експерти кажуть, що може пройти до 40 років, перш ніж пустеля буде вважатися безпечною.

Подібна ситуація спостерігалася, коли США швидко нарощували свої військові сили перед вступом у Другу світову війну. Авіабаза морської піхоти Черрі-Пойнт у Північній Кароліні є прикладом території, де очищення практично неможливе. Протягом усієї епохи холодної війни промислові відходи регулярно скидалися в місцеві водойми. Сьогодні ґрунт і поверхневі води в цьому районі містять високий рівень ртуті, свинцю та інших токсичних речовин. Іншим прикладом екологічних проблем, спричинених військовими, є Абердинський полігон (штат Меріленд). Туди було скинуто багато токсичних речовин, включаючи миш'як і ціанід. Ситуація загострилася у травні 1989 року, коли трьох цивільних менеджерів Центру хімічних досліджень, розробок та інжинірингу армії США було засуджено за причетність до незаконного захоронення токсичних речовин. Згідно з судовими документами, ці працівники проігнорували неодноразові попередження інспекторів про необхідність вивезти хімікати з дірявих бочок, в яких вони зберігалися. Також були зафіксовані випадки навмисного скидання токсичних речовин (білого фосфору та миш'яку) в каналізацію. Однією з головних небезпек в Абердині є його близькість до природоохоронних територій. Інші менш відомі райони мають схожі сценарії забруднення. База ВПС Тінкер поблизу Оклахома-Сіті була побудована над великим дренажним басейном і єдиним підземним водоносним горизонтом у центральній Оклахомі. База довгий час була об'єктом для ремонту літаків, зброї та двигунів. Ґрунт забруднений розчинниками та важкими металами (трихлоретиленом і шестивалентним хромом).

На військово-повітряній базі «Твін Сітіз» у Міннесоті виявлено десять забруднених ділянок. Найбільшим забрудненим об'єктом є звалище, яке використовувалося на базі з 1963 по 1972 рік; звалище площею 3 акра

прилягає до річки Міннесота і містить розчинники і фарби, а також загальні відходи. Окрім звалища, було виявлено ще дев'ять забруднених ділянок, включаючи місця розливу пального, скидання мулу та зберігання небезпечних відходів. Забруднюючі речовини включали хлористий метилен, ацетон, бутан, хлороформ і толуол.

Можливо, найгірший випадок нерозірваних боєприпасів - це армійський полігон Джефферсон в Індіані. Джефферсон був полігоном для випробування боєприпасів з 1941 року. Протягом наступних 50 років військові випробували близько 23 мільйонів боєприпасів. Сьогодні, за оцінками офіційних осіб, 1,5 мільйона з цих випробувальних боєприпасів залишаються нерозірваними, розкиданими по території полігону площею 55 000 акрів. За деякими даними, боєприпаси поховані на глибині 24 футів (15 метрів) під землею. Слід також враховувати, що військові проводять постійні випробування зброї. Хоча у випадку з випробуваннями боєприпасів очищення від токсичних матеріалів доповнюється більш ретельною політикою щодо зберігання та утилізації цих матеріалів, проте у випадку з випробуваннями боєприпасів це доповнюється більш ретельною політикою щодо зберігання та утилізації цих матеріалів.

Багато токсичних речовин, які сьогодні забруднюють військово-морські бази США, є прямим наслідком застосування хімічної зброї. Одним з головних прикладів цього є арсенал у Рок-Айленді. Це об'єкт, де протягом багатьох років вироблявся і зберігався нервово-паралітичний газ. Відходи від виробництва регулярно скидалися на територію арсеналу. У середині 1980-х років було виявлено, що ґрунтові води були забруднені, що знищило посіви, які зрошувалися цією водою, і вбило багато тварин; під час експериментів у 1960-х роках 2,5 метри відходів були закачані в резервуар глибиною в одну милю. Через місяць після початку викачування в Денвері сталася незвичайна серія землетрусів. За п'ять років, відколи почалося викачування, 165 мільйонів галонів відходів хімічної та біологічної програми було закачано глибоко в землю, що загрожувало шкодою довкіллю.

Конфлікт у Косові 1999 року спричинив подальші екологічні проблеми. Сербські сили нібито отруїли колодязі та застосували тактику випаленої землі, щоб змусити косовських албанців покинути свої домівки.<sup>4</sup> В результаті 78-денної кампанії бомбардувань НАТО певні райони, в тому числі навколо нафтопереробних заводів, нафтохімічних комплексів та заводів з виробництва добрив у Панчево, а також промислові об'єкти в Панчево та Новому Саді, зазнали значних руйнувань. Території були серйозно пошкоджені. Знову в центрі уваги опинилося питання збідненого урану, який був спрямований на цивільну інфраструктуру, таку як очисні споруди, що, за повідомленнями, завдало шкоди навколишньому середовищу не лише в Югославії, але й нижче за течією в Румунії та Болгарії. Одразу після припинення бойових дій Програма ООН з навколишнього середовища, як і після війни в Перській затоці 1990-1991 років, провела оцінку шкоди навколишньому середовищу, створила робочу групу експертів (включаючи представників НУО) для оцінки екологічної шкоди. Цей досвід демонструє зростаючу роль екологічних НУО у моніторингу та звітності щодо екологічних наслідків війни.

Незважаючи на трагічні наслідки війни, існують, як не дивно, і позитивні наслідки війни. Одним з наслідків Громадянської війни в США стало створення національних парків. Ці природоохоронні території формувалися переважно в зонах бойових дій: під час громадянської війни в Нікарагуа у 1980-х роках припинилася вирубка лісів, сповільнилося перетворення лісів на сільськогосподарські угіддя і значною мірою припинилася торгівля тваринами. Багато місць, де відбувалися масові руйнування, наприклад, лагуна Тру посеред Тихого океану, були визнані історичними об'єктами. Найбільш сприятливими для біоти є райони Тихого океану. Однією з найсприятливіших для біоти є корейська демілітаризована зона, яка простягається приблизно на 151 миль. Ця територія має унікальні біотопи, які раніше перебували під загрозою зникнення.

## **2.2. Огляд типів бойових дій і боєприпасів, що застосовуються в Україні під час війни, та їхній вплив на навколишнє середовище**

Оцінка еколого-геохімічного стану території воєнно-техногенного навантаження показала, що майже всі типи воєнно-техногенного навантаження є потужними забруднювачами ґрунтового покриву і є співставними з їхніми видами впливу. Така ситуація пояснюється специфікою воєнних впливів, яка характеризується використанням та експлуатацією систем озброєння та військової техніки (Таблиця 2.1; Таблиця 2.2).

При виконанні бойових стрільб використовуються артилерійські боєприпаси, які мають характеристики, наведені в Таблиця 2.3 і Таблиця 2.4.

Снаряд, яким здійснюється постріл, складається з металевої оболонки, спорядження з вибухової речовини, детонатора та додаткових елементів. Залежно від типу боєприпасів кожний снаряд містить в собі певну масу вибухової речовини:

- 10-25% для фугасних снарядів,
- 10-15% для осколково-фугасних снарядів,
- 7-18% для бетонобійних снарядів,
- 25-35% для фугасних мін.

Це становить для снарядів малих калібрів – від 300 г до 1,5 кг вибухової речовини; для снарядів середнього калібру – від 3,2 кг до 5,5 кг; для снарядів крупних калібрів – від 8,2 кг до 26,1 кг. Для високоточних боєприпасів маса вибухової речовини складає: для 152-мм керованого снаряда 3ОФ39 “Краснополь” – 6,5 кг; для 152-мм корегованого снаряда 3ОФ36 «Сантиметр» – 5,5 кг; для 240-мм корегованої міни 3Ф5 “Смільчак” – 24,1 кг. В реактивних снарядах систем залпового вогню маса вибухової речовини в фугасній бойовій частині складає 52,3 кг. Характеристики типових боєприпасів систем артилерійської зброї та розмір зони ураження осколками представлено в Таблиця 2.5.

Під час кожної вогневої операції ґрунт забруднюється вибуховими речовинами та осколками боєприпасів, характер і вплив яких на навколишнє середовище значною мірою залежить від швидкості вибухового перетворення та маси вибухових речовин у снарядах.

У випадку з детонаційними капсулами вибухові речовини використовуються для ініціювання детонації або запалювання інших вибухових речовин (ртуть, азид свинцю, тротил (стирол-свинець), тетразен). Бризантні вибухові речовини (тротил, тетрил, гексоген, тротил) використовуються для спорядження боєприпасів.

*Таблиця 2.1. Складові воєнно-техногенного навантаження від різних видів озброєння і військової техніки на ґрунтовий покрив*

Вид забруднення	Фактори забруднення	Артилерія					Реактивна система залпного	Протитанковий ракетний комплекс	Автомобільна техніка		
		Кулемет			Польові гармати	Міномети					
Механічне	Гільзи	+			+						
	Снаряди, осколки		+	+	+	+	+	+	+		
	Кулі, осколки куль	+									
	Пакувальні матеріали з-під боєприпасів	+	+		+	+	+	+	+		
	Промаслене сміття	+	+		+	+	+	+	+	+	
	Ерозія ґрунту від вибуху		+	+	+	+	+	+	+	+	
	Ерозія ґрунту від сховищ				+	+	+			+	
	Ерозія ґрунту від руху				+	+	+			+	
Ущільнення ґрунту						+			+		
Фізичне	Теплове	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					+	+	+	+	+	+	+
								+		+	+

	Акустичне	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	Вібраційне	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Світлове															
Хімічне	Порохові газид згоряння	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	Частки, які не згоріли	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Мастильні матеріали		+		+		+							+	+	
	Вихлопні газидВЗ						+		+	+				+	+	
	Забруднення ґрунту нафтопродуктами						+		+	+				+	+	
	Забруднення води нафтопродуктами													+	+	
Важкі метали		+														
Вольфрам, карбід вольфраму, важкий сплав																

*Таблиця 2.2. Забруднюючі речовини, що виникають в результаті воєнно-техногенного навантаження (система повітря-ґрунт-вода) за типами та видами використовуваних систем зброї*

Вид зброї, що використовується	Тип зброї, що використовується	Забруднюючі речовини, що виникають в результаті бойової діяльності
Стрілецька зброя	Пістолети, снайперські гвинтівки, автомати, кулемети, ручні кулемети, ротні	Повітря: CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HF, Hg, C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CH <sub>2</sub> O, Cu, Mn, Al, Mg, Fe C, Pb
		Вода: Cu, Fe, Al, Mn, Zn, Pb, Sn, Mg
		Ґрунт: Cu, Fe, Al, Fe, Mn, Zn, Pb, Sn, Mg, P, Al, хлориди, нітрати
Гранатомети стрілецька	автоматичні (підствольні), ручні,	Повітря: C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , C <sub>20</sub> H <sub>17</sub> , Cu, Mn, Al, Mg, Fe C, Pb,

зброя ручні гранати	станкові протитанкові	Вода: Cu, Fe, Al, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr
		Ґрунт: Cu, Fe, Al, Fe, Mn, Zn, Pb; Sn, Mg, P, Al, Hg, Cd, Cr,
Озброєння БМП (БТР): стрілецька зброя ручні гранати	14,5 мм КВТ, 73 мм П, 30 мм П, 14,5 мм ВС	Повітря: C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, HCl, Cl <sub>2</sub> , HF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , CH <sub>2</sub> O, Cu, Mn, Al, Mg, Fe C, Pb,
		Вода: Cu, Fe, Al, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr, нафтопродукти
		Ґрунт: Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr
Озброєння бойових машин піхоти (БМП, БТР), ручні гранати		Повітря: C, C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, HCl, Cl <sub>2</sub> , HF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , CH <sub>2</sub> O, C <sub>20</sub> H <sub>17</sub> , Cu, Mn, Al, Mg, Fe C, Pb,
		Вода: Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr, нафтопродукти
		Ґрунт: Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr, нафтопродукти,
Озброєння бойових машин піхоти (БТР) ПТКР (на електронних тренажерах) ручні гранати		Повітря: C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, HCl HF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Cl <sub>2</sub> , CH <sub>2</sub> O, C <sub>20</sub> H <sub>17</sub> , Cu, Mn, Al, Mg, Fe C, Pb, нафтопродукти
		Ґрунт: Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Hg, Zn, Cd, Cr, нафтопродукти
Озброєння танків, озброєння САУ стрілецька зброя ручні гранати	23 мм ВЯ, 115 мм ТП, 125 мм ТП	Повітря: C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , O <sub>2</sub> , C, SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, Cl <sub>2</sub> , HF, HCL, CH <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , C <sub>20</sub> H <sub>17</sub> ; Cu, Mn, Al, Mg, Fe C, Pb, нафтопродукти, пил
		Вода: Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Zn, Hg, Pb, Cd, Cr, P, нафтопродукти
		Ґрунт: Cu, Fe, Mn, Sn, Mg, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr, P, нафтопродукти
Озброєння танків зенітний кулемет танка ручні гранати		Повітря: C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , O <sub>2</sub> , C, SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, Cl <sub>2</sub> , HF, HCL, CH <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , C <sub>20</sub> H <sub>17</sub> ; Cu, Mn, Al, Mg, Fe C, Pb
		Ґрунт: Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Hg, Pb, Zn, Cd, Cr, нафтопродукти
Ствольна артилерія, міномети	76 мм П ЗІС-3; 85 мм П Д-44; 100 мм ПТП МТ-12; 122 мм ГД-30,; 152 мм ПГ Д-20; 152 мм СГ 2С5; 152 мм СГ 2С19; 203,2 мм П 2С7 82 мм БМ-38, 2Б9; 120 мм ПМ; 120 мм М 2С9, 2С12; 240 мм М2С4	Повітря: C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , O <sub>2</sub> , C, SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, Cl <sub>2</sub> , HF, HCL, CH <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , C <sub>20</sub> H <sub>17</sub> ; Cu, Mn, Al, Mg, Fe C, Pb
		Вода: Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Zn, Hg, Pb, Cd, Cr, нафтопродукти
		Ґрунт: Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr нафтопродукти
Ствольна артилерія ПТКР, протитанкова артилерія, бойова стрільба наземної артилерії	9К111, 9К113, 9К149	Повітря: C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , O <sub>2</sub> , C, SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, Cl <sub>2</sub> , HF, HCL, CH <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , C <sub>20</sub> H <sub>17</sub> ; Cu, Mn, Al, Mg, Fe C, Pb
		Вода: Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Hg, Zn, Cd, Cr, нафтопродукти
		Ґрунт: Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Hg, Zn, Cd, Cr, нафтопродукти

Стрільби на гвинтівковому артилерійському комплекті	Повітря: CO, CO <sub>2</sub> , Cu, Mn, Al, Mg, Fe C, Pb
	Ґрунт: Cu, Fe, Al, Cd, Pb, Zn, Cr, Mn, Mg, Hg
Рух самохідно-артилерійських і зенітних установок, бойових машин піхоти, колісних, гусеничних бронетранспортерів	Повітря: C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , C <sub>20</sub> H <sub>17</sub>
	Вода: Pb, нафтопродукти
	Ґрунт: Pb, нафтопродукти
Рух інженерних машин і автомобілів	Повітря: C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , C <sub>20</sub> H <sub>17</sub>
	Вода: Pb, нафтопродукти
	Ґрунт: Pb, нафтопродукти
Рух автомобілів,	Повітря: C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , C <sub>20</sub> H <sub>17</sub>
	Вода: Pb, нафтопродукти
	Ґрунт: Pb, нафтопродукти

**Таблиця 2.3.** Артилерійське озброєння, що використовується при стрільбах

Тип боєприпасів	Маса снаряда, кг	Маса вибухової речовини, кг	Тип вибухової речовини
Осколково-фугасний снаряд ОФ-35	3,1	0,465	флегматизований гексоген (А-ІХ-І)
Осколково-фугасний снаряд УОФ-3	16,74	2,234	флегматизований гексоген (А-ІХ-І)
Осколково-фугасний снаряд ОФ-462	21,76	3,528	флегматизований гексоген (А-ІХ-І)
Ракета 9М14М	19,8	6,4 (бойова частина)	флегматизований гексоген (А-ІХ-І)
Ракета 9М113	21	6,1 (бойова частина)	флегматизований гексоген (А-ІХ-І)
Осколково-фугасний снаряд М-210	66,4	6,4	Тол ДСІ-12М (ХІІІ)

**Таблиця 2.4.** Артилерійське озброєння, що використовується при стрільбах

Система	Види боєприпасів	Маса снаряду, кг	Боєкомплект,	Початкова швидкість
---------	------------------	------------------	--------------	---------------------

			пострілів (шт.)	снаряду, м/с
76-мм П ЗіС-3	ОФ, Бр, Д	6,2	120	680
85-мм П Д-44	ОФ, К	9,7	80	680
122 мм Г Д-30	ОФ, К, А, Д, С	21,76	80	690
152-мм ПГ Д-20	ОФ, Кас, У	43,56	60	655
152-мм ДГ 2А65 “Мста-Б”	ОФ, Кас, У	43,56	60	810
152-мм П 2А36 “Гіацинт-Б”	ОФ	46	60	945
122-мм СГ 2С1 “Гвоздика”	ОФ, К, А, Д, С	21,76	80	685
152-мм СГ 2С3 “Акація”	ОФ, Кас, У	43,56	60	652
152-мм СГ 2С19 “Мста-С”	ОФ, Кас, У	43,56	60	810
152-мм СП 2С5 “Гіацинт-С”	ОФ	46	60	945
203-мм СП 2С7 “Піон”	ОФ, Кас	110	40	960
82-мм АМ-2Б9	ОФ	3,1	300	272
120-мм 2С12	ОФ	16	80	325
240-мм 2С4	Ф	130,7	40	362

**Таблиця 2.5.** Характеристики типових боєприпасів систем артилерійської зброї та розмір зони ураження осколками

Тип зброї	Система	Калібр, мм	Вага боєприпасу, кг	Вага оболонки боєприпасу, кг	Вага вибухової речовини, кг	Тип боєприпасу
Нарізна артилерія						
Гармата	ПТП ЗІС-2	57	2,25	1,95	0,3	ОФ
Гармата	П ЗІС-3	76	6,2	5,32	0,88	13290 (ОФ-350, ОФ-350В)
Гармата	П Д-44	85	9,7	8,96	0,74	15600 (ОФ-372)
Гармата	П БС-3	100	15,5	13,85	1,65	ОФ-412
Гаубиця	САГ 2С9	120	20,5	17,91	2,59	8800(ОФ49)
Гаубиця	Г Д-30	122	21,76	17,22	4,54	15300(ОФ24)
Гармата	П М-46	130	32,66	28,27	4,39	ОФ-482М

Гаубиця	ПГ Д-20	152	43,56	34,78	8,78	17410(ОФ-25)
Гармата	СП 2С7 «Пион»	203	110	93,27	16,73	37500 (ОФ43)
Міномети						
Міномет	М-82	82	3,1	2,635	0,465	О-832А, О-832С, О-832У, О-12
Міномет	2С12 «Сані»	120	16	13,76	2,24	ОФ-843Б, ОФ-843В, ОФ-34, ОФ-36
Міномет	ПМ120	120	15,9	13,65	2,25	ОФ-843А(Б), ОФ-843В, ОФ-843АУ
Міномет	М-160	160	41	33,63	7,37	ОФМ
Реактивна артилерія						
РСЗО	БМ-13	132	42	33,6	8,4	
РСЗО	БМ-14	140	39,6	29,7	9,9	М-14-ОФ(ОФ-949)
«Град»	БМ-21 (9К51)	122,4	66,5	48,1	18,4	9М22, 9М22У, 9М22У1, 9М22У2, М-210Ф
«Град-1»	9К55-1	122,4	77	49,4	27,6	9М28Ф, 9М28Ф-1, 9М28К, 9М28Д
РСЗО	БМ-24, М-24Ф	240	110	66	44	
«Ураган»	БМ-27, (9К57)	220	280	180	100	9М27Ф
«Смерч»	9К58	300	800	520	280	9М55К

Можна виокремити три види вибухових процесів:

- Процес горіння протікає з незначною швидкістю – від сантиметра до декількох метрів на секунду, – і на відкритому повітрі не супроводжується значними механічними діями.

- Вибух протікає зі швидкістю декілька тисяч метрів на секунду. Він характеризується різким стрибком тиску в місці вибуху та ударом газів по навколишньому середовищу, що викликає сильну деформацію предметів та середовища на невеликій відстані.

- Детонація представляє собою вибух, що розповсюджується з постійною і максимально можливою швидкістю для даної вибухової речовини. При даному процесі досягається максимальна руйнівна сила вибуху з відповідною трансформацією середовища. Таким чином, одним з факторів вогневого ураження, що може впливати на процеси розповсюдження забруднення, є трансформація середовища в момент вибуху снарядів.

Оскільки більшість чистих бризантних вибухових речовин є дуже чутливими до механічного впливу, для спорядження сучасних боєприпасів, що використовуються під час навчань з бойовою стрільбою, застосовують сплави цих вибухових речовин. Це значно збільшує потужність вибухівки і, відповідно, її негативний вплив на навколишнє середовище. Наприклад, тротиліві сплави, що містять гексоген (TG) і алюміній (TGA), характеризуються високою здатністю спричиняти руйнівні ефекти (високою вибуховою потужністю). Тому вони використовуються як заряди в авіаційних бомбах, боеголовках керованих і некерованих ракет та великокаліберних артилерійських снарядах.

Гексоген А-ІХ-1 містить 5-6% флегматика і використовується для спорядження ракетних боеголовок, артилерійських снарядів і мін. Механічна суміш флегматизованого гексогену А-ІХ-2 з алюмінієвою пудрою використовується для посилення руйнівної та запалювальної дії малокаліберних ракет і артилерійських снарядів для авіації. Вазелін і парафін

використовуються як відхаркувальні речовини, а солі карбонату натрію і кальцію та етиловий спирт - як стабілізатори.

Ці вибухові речовини характеризуються високою швидкістю детонації (4500-8000 м/с). Це призводить до високої швидкості розльоту продуктів вибуху, боєприпасів і осколків (800-900 м/с) і високої швидкості проникнення в навколишнє середовище, в тому числі в ґрунт, а також до короткої тривалості дії цього фактора на ранніх стадіях процесу. Ракети використовують порох як паливо в снарядах для створення тяги. Це означає, що він є багатокомпонентною твердою системою, яка може горіти без доступу кисню і виробляти значну кількість газоподібного продукту. Сучасні ракетні вибухові речовини містять нітрати, перхлорати, пластмаси та смоли.

Таким чином, бездимні вибухові речовини містять більше водню і вуглеводнів, ніж потрібно для утворення кінцевих продуктів (води і вуглекислого газу), а близько третини продуктів згоряння в порохових газах - це високотоксичний монооксид вуглеводнів. Вибух і згоряння пороху та вибухових речовин призводить до утворення значної кількості газів (Таблиця 2.6), включаючи азот, сажу, вуглеводні, свинець, діоксид марганцю та ідіодол. До 30% газів розсіюється в атмосфері, а більшість газів (важкі компоненти, важкі метали) осідають у ґрунті. Оскільки до 15% продуктів вибуху містять водяну пару, іони важких металів і тверді частинки проникають у ґрунт у вигляді водних розчинів.

**Таблиця 2.6.** Кількість газів, що виділяється при згоранні вибухових речовин (на 1 кг)

Вибухова речовина	Кількість газів, л
Піроксиліновий порох	845
Нітрогліцериновий порох	730
Мелініт	690
Тротил	685
Гексоген	908
Гримуча ртуть	836
Азид свинцю	308

У піротехніці (запалювальні, освітлювальні, сигнальні засоби) використовуються алюміній, магній, гас, нітрати, перхлорати, оксид заліза, перекис барію, діоксид магнію, сполуки стронцію та ідітол. При використанні в концентрованому вигляді вони впливають на природні комплекси, а також на техніку і зброю, викликаючи корозію металу. Наприклад, білий фосфор використовується в димових шашках, але дим складається з крапель розчину фосфорної кислоти, яка є дуже небезпечною токсичною рідиною. Коли дим випускають за допомогою пристроїв на спеціалізованих бойових машинах, дим - це дрібні крапельки нафтопродуктів.

Аналіз хімічного складу вибухових речовин, що використовуються в сучасних боєприпасах під час бойових стрільб, показує, що при горінні, детонації та підриві утворюються різноманітні похідні.

Враховуючи миттєвість вибуху снаряда ( $10^{-4} - 10^{-3}$  с), з наведеного аналізу можна зробити висновок, що при виконанні вправ з стрільби на процеси розповсюдження забруднення впливають такі фактори: трансформація середовища внаслідок дії ударної хвилі від вибухів снарядів, обмеженість у часі та просторі дії вогневого ураження на ґрунт.

При проведенні бойових стрільб основним джерелом забруднення є продукти вибуху, що утворюються в результаті розриву снарядів.

Для стрільби артилерією прямою наводкою використовують найчастіше таке озброєння 76мм.П ЗІС-3; 85мм.П Д-44; 122мм.Г Д-30; 152мм.ПГ Д-20; 152мм.Г 2А36 з використанням осколково-фугасних та кумулятивних снарядів з масою від 6,5 до 43,56 кг (відповідно маса вибухової речовини від 300г до 8,2кг).

Вправи по ураженню опорних та командних пунктів в основному виконуються стрільбою артилерії за закритих позицій з додатковим використанням мінометів 82мм.БМ-38;120мм. ПМ; 120мм. М 2С9; 120мм. М

2С12 та РСЗВ «Град» і «Ураган». Для виконання вогневого завдання використовуються фугасні снаряди та міни з масою від 3,1 кг.

Всі типи боєприпасів, що використовуються у вогневих місіях (бризантні, осколково-фугасні, броньбійні, кумулятивні снаряди та міни), характеризуються утворенням ударної хвилі та продуктів вибуху, що її супроводжують. Коли снаряд досягає перешкоди, вибух і утворення ударної хвилі відбуваються миттєво, за  $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  секунд. Радіус ураження збільшується зі збільшенням маси вибухової речовини, що міститься в снаряді. Для снарядів калібру 122 мм і 152 мм з масою вибухової речовини 4,5 кг і 8,4 кг відповідно радіус ураження в ґрунті середньої щільності становить 1,65 м і 2,03 м.

Таким чином, бойові стрільби призводять до деформації ґрунту в усіх напрямках поширення ударної хвилі. Тому там, де відбулися бойові стрільби, однорідність ґрунту вже порушена на глибину до 2 м і утворюються тріщини, які розділяють пористі блоки.

Таким чином, враховуючи наведені фактори, можна вважати, що шкідливі впливи на ґрунт, які завдаються при проведенні вогневої підготовки мають імпульсно-точковий характер. По-перше, вони досить короткочасні за своєю дією у порівнянні з часом протікання процесу фільтрації (який може займати декілька місяців або навіть років). По-друге, вони обмежені за місцем впливів, розмір яких значно менший за територію, на якій відбувається процес розповсюдження забруднення.

Згідно заходів бойової діяльності при проведенні стрільб використовуються артилерійські системи, які мають характеристики, наведені в Таблиця 2.7

**Таблиця 2.7.** Види озброєння, що застосовується під час бойової діяльності

Тип озброєння	Система	Тактико-технічні характеристики
Танки та бронетехніка	БТР60, БТР70, БТР80	
	Т64, Т72	
	БМП1, БМП2	
Озброєння БМП і БТР	14,5 мм КПВТ	маса кулі – 19,1 г

	73 мм П	маса снаряда – 3,1 кг
	30 мм П	маса снаряда – 2,3 кг
Танкові гармати	124 мм ТП	маса снаряда – 15,9 кг
Міномети	82 мм БМ-37, АМ-2Б9	маса снаряда – 3,1кг
	120 мм ПМ	маса снаряда – 15,9 кг
	120 мм М2С9, 2С12	маса снаряда – 16 кг
Ствольна артилерія	76 мм ПЗ1С-3	маса снаряда – 6,2 кг
	85 мм П Д-44	маса снаряда – 9,7 кг
	122 мм Г Д-30, СГ2С1	маса снаряда – 21,76 кг
	152 мм ПГ Д-30, СГ2С3	маса снаряда – 43,56 кг
	152 мм СГ 2С5, 2А36	маса снаряда – 46 кг
	152 мм СГ 2С19, 2А65	маса снаряда – 43,56 кг
Протитанкова керована ракета	9К11, 9К113, 9К149	маса снаряда – 13,2 кг
Реактивна система залпового вогню	122 мм «Град»	маса снаряда – 66 кг
	220 мм «Ураган»	маса снаряда – 271,1 кг

Основним джерелом забруднення при проведенні вогневих стрільб виступають продукти вибуху, що представляють собою дрібнодисперсні часточки та іони важких металів, які проникають у ґрунт разом з водою. Іони важких металів характеризуються тим, що слабо розчиняються у воді, але при невеликих швидкостях руху рідини можуть переміщатися разом з нею.

У Таблиця 2.8 наведено основні характеристики застосування бризантних вибухових речовин у боєприпасах та піротехнічних засобах, що застосовується в процесі бойової діяльності танкових підрозділів. На прикладі двох основних видів порохів – піроксилінового і нітрогліцеринового.

**Таблиця 2.8.** Фізичні, хімічні і балістичні характеристики бездимних порохів

Фізичні, хімічні і балістичні характеристики	Піроксилінові порохи	Нітрогліцеринові порохи
Питома вага, кг/дм <sup>3</sup>	1,56 – 1,64	1,54 – 1,62
Гравіметрична щільність, кг/дм <sup>3</sup>	0,5 – 0,9	0,5 – 0,9
Гігроскопічність (вміст вологи), %	1 – 2	0,5 – 1
Температура спалаху, °С	170 – 180	162 – 174
Питомий об'єм газів, дм <sup>3</sup> /кг	900 – 950	0 – 1000
Теплота вибухового перетворення, кал/кг	700 – 900	650 – 1250

Температура вибухового перетворення, °К	2900 – 3100	2400 – 3600
Сила пороху, кгдм/кг	$(1000 – 1050) \cdot 10^3$	$(900 – 1250) \cdot 10^3$
Вміст азоту в нітроцелюлозі (піроксиліні) N, %	12,6 – 13,1	11,8 – 13,0
Вміст нітрогліцерину, %	0,5 – 2,5	20 – 40
Вміст стабілізатора, %	0,6 – 7,0	1 – 8
Вміст домішок, %	0,06 – 0,09	1 – 10
Коволюм	0,001w <sub>1</sub>	0,001 w <sub>1</sub>
Швидкість горіння за умови щільності в 1 кг/см <sup>2</sup> , мм/с	0,06 – 0,09	0,10 – 0,20

Вибухові речовини спеціального призначення - це бездимні вибухові речовини, які не виділяють полум'я з дула або задньої частини при пострілі зі зброї.

При пострілі зі зброї звичайні бездимні вибухові речовини утворюють полум'я, яке видно на відстані до 2 км вдень і до 15 км вночі. Крім того, під час пострілу створюється сильний звуковий ефект, який тим сильніший, чим яскравіше полум'я. Відблиски полум'я також засліплюють артилеристів і знижують їхню оперативну ефективність. Коротше кажучи, відбувається комплексний світловий і звуковий вплив на біологічні компоненти ландшафту, які, в свою чергу, хімічно забруднюють приземний шар повітря і поверхневі шари ґрунту та рослинності.

Основною причиною горючості шроту є наявність газів (чадний газ, водень і метан) у продуктах розпаду пороху, які можуть з'єднуватися з киснем повітря і спалахувати при виході зі ствола.

Під час бойових дій використовують наступні сорти бездимних порохів:

1. Піроксилінові пороху на сумішевому піроксиліні (на летючому розчиннику), що складаються з суміші нерозчинного № 1 і розчинного № 2 піроксиліну, залишкового спирто-ефірного розчинника, стабілізатора (дифеніламіну) і вологи. Застосовуються для виготовлення зарядів до гармат середніх і великих калібрів.

2. Піроксилінові порохи на піроколодії (на летючому розчиннику); складаються з піроколодію, залишкового спирто-ефірного розчинника, стабілізатора і вологи. Застосовуються для виготовлення зарядів до гармат і гаубиць.

3. Піроксилінові флегматизовані порохи (на летючому розчиннику); складаються з сумішевого піроксиліну, залишкового спирто-ефірного розчинника, стабілізатора (дифеніламіну), флегматизатора (камфори) і вологи. Застосовуються для спорядження гвинтівочних патронів.

4. Піроксилінові безполуменеві порохи (на летючому розчиннику); складаються з тих же компонентів, що і звичайні піроксилінові порохи, і, окрім того, містять полуменегасні речовини (сульфат калію, оксалат натрію, каніфоль, вазелін і ін.). Застосовуються для виготовлення зарядів до гармат середнього калібру.

5. Малогіроскопічні порохи (на летючому розчиннику); окрім основних компонентів піроксилінового пороху, містять домішки, що зменшують гіроскопічність нітроцелюлози (динітротолуол, вазелін, фталати і ін.) Застосовуються для зарядів морської і польової артилерії.

6. Швидкогорючі порохи (на летючому розчиннику); складаються з тих же компонентів, що і звичайні піроксилінові порохи, але мають пористу структуру і залишкову калієву селітру. Застосовуються як запальники, для виготовлення зарядів до мінометів, мортир і гаубиць.

7. Порохи підвищеної потужності; виготовляються на високоазотному піроксиліні з мінімальним вмістом летючих речовин або мають в своєму складі потужні вибухові речовини (тен, гексоген). Застосовуються для виготовлення зарядів до далекобійних і протитанкових гармат.

8. Нітрогліцерінові порохи – балістити (на важколетючому розчиннику); готуються на низькоазотному піроксиліні (розчинний № 2, сумішевий колоксилін) із вмістом нітрогліцерину 30 – 50 %, стабілізатора (цептраліт, уретан) і вологи. Застосовуються для виготовлення зарядів до гаубиць, гармат і мінометів.

9. Нітрогліцерині порохи – кордити (на важколетючому розчиннику); готуються на високоазотному піроксиліні № 1 або високоазотному сумішовому піроксиліні із вмістом нітрогліцерину 20 – 40 % і із застосуванням ацетону як засобу желатинізації. Застосовуються в зарядах для мінометів, гаубиць, мортир, гармат і стрілецької зброї.

10. Нітродіглікольові порохи (на важколетючому розчиннику) із вмістом нітродигліколя 25 – 38 %, достатнім для розчинення (желатинізації) нітроклітчатки. Застосовуються для виготовлення зарядів до гармат, що мають високу початкову швидкість снаряда.

11. Віскозні порохи (без розчинника), одержувана шляхом хімічної обробки клітковина в желатинізовану целюлозу з подальшою нітрацією азотною кислотою. Застосовуються для спорядження гвинтівочних і пістолетних патронів.

12. Порохи на нелеткому розчиннику, що містять тверді розчинники – желатинізатори (тротил, динітротолуол, динітроанізол), виготовлені на нізкоазотном піроксиліні із застосуванням централіту для стабілізації.

Для стрільби використовуються боєприпаси з різним складом пороху та вибухових речовин, при згорянні яких утворюються шкідливі для здоров'я людини речовини, такі як азот, сажа, вуглеводні, свинець, діоксид марганцю та ідіодол. Наприклад, при пострілі одного осколково-фугасного снаряду з гармати калібру 115 мм утворюється близько 4 000 літрів газу, включаючи продукти згоряння вибухової речовини гексогену. До 30% газу розсіюється в повітрі, а основна його частина (важкі речовини, важкі метали) осідає в ґрунті.

Оскільки бездимні вибухові речовини містять більше пального (водню і вуглеводнів), ніж потрібно для з'єднання з окислювачами з утворенням кінцевих продуктів (води і вуглекислого газу), близько 1/3 продуктів згоряння у вибуховому газі становлять монооксиди вуглеводнів, які є дуже отруйними. Проаналізуємо фізико-хімічні параметри ароматичних

вуглеводнів з метою оцінки їхнього потенціалу для термічної переробки (табл. 2.9).

**Таблиця 2.9.** Фізико-хімічні властивості ароматичних вуглеводнів

Речовина	Молекулярна вага	$t_{пл.} \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_{кип.} \text{ } ^\circ\text{C}$	Розчинність у воді
Бензол	78.11	10	81	Не розчинний
Бенз(а)пірен	252	179	486	0.0038
Толуол	92.14	64	110	-
Тротил	-	81.6	290	-
Гексоген	-	203	480	Не розчинний
Нітрогліцерин	227	13.2	260	0.18

Слід також відзначити, що існують три основних групи хімічних реакцій вуглеводнів:

- Заміщення атомів вуглецю у бензольному кільці на радикали призводить до утворення гомологів бензолу, реакцій нітрування, сульфування.

- Приєднання галогенів та водню призводить до перетворення ароматичних вуглеводнів у карбоциклічні, які не мають ароматичного характеру. Бензол дуже стійкий до окислення, але при створенні певних умов розпадається на вуглець та кисень.

- Окислення ароматичних вуглеводнів в ґрунті найбільшу роль грає розпад під впливом бактерій, грибків та дріжджів. Мікробний розпад проходить, як правило, внаслідок гідроксилювання бензольного кільця. Деякі організми здатні повністю розкласти низько конденсовані ароматичні вуглеводні на вуглекислий газ та воду.

Зазвичай продукти розкладання та метаболіти є більш водорозчинними та рухливими, ніж вихідні ароматичні вуглеводневі сполуки. Токсичність газоподібних продуктів, що утворюються в результаті горіння вибухових речовин і детонації боєприпасів, залежить від токсичності сировини (компонентів), з якої виготовлені бойові частини боєприпасів, а також від фізико-хімічного стану і складу речовин, що використовуються при їх

виготовленні (табл. 2.10). Основними продуктами вибухового руйнування нітроцелюлозного порошку є пари  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ . У деяких випадках продуктами переробки можуть бути  $\text{CH}_4$  і оксиди азоту  $\text{NO}_2$  і  $\text{NO}_3$  (які рідко утворюються за нормальних умов горіння).

При спалюванні змішаних порохів утворюються  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  і ряд речовин, які залежать від природи окислювача і паливно-зв'язуючих компонентів. Наприклад, перхлорати утворюють хлориди ( $\text{HCl}$  і  $\text{Cl}_2$ ), а тіокол - ряд сірковмісних сполук:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

**Таблиця 2.10.** Вміст основних забруднюючих речовин у порохових газах

Продукти згорання артилерійських, мінометних, гвинтівкових, пістолетних та порохів для холостих боєприпасів і реактивних снарядів	ПДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпеки
	мах разова	середньодобова	
$\text{NO}_2$	0.85	0.04	2
$\text{CO}$	3	1	4
$\text{NO}$	0.6	0.06	3
$\text{NH}_3$	0.7	0.04	4
$\text{HNO}_3$	0.8	0.15	2
$\text{CO}_2$	0.9	0.10	3
$\text{CH}$	0.1	0.01	3
$\text{HCO}$	0.11		2
$\text{CH}_3\text{O}$	0.10	0.03	3

Склад продуктів вибухового перетворення залежить від характеру та умов горіння вибухових речовин. Чим більший кисневий баланс вибухової речовини, тим більше в продуктах згорання міститься  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ , тобто продуктів повного окислення. Чим нижчий кисневий баланс вибухової речовини, тим більше  $\text{CO}$  і  $\text{H}_2$  продуктів неповного згорання. Більшість вибухових речовин, що лежать в основі фактичного навантаження, є органічними матеріалами, що складаються з елементів вуглецю (C), водню (H), кисню (O) і азоту (N) та різних компонентів, переважно токсичних, при вибуховому перетворенні утворюються стабільні продукти, в основному  $\text{CO}$ ,

CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> і C в різних пропорціях, з дуже невеликою кількістю утворюються CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, HCN та деякі інші речовини.

Характеристика вибухових речовин з точки зору токсичності хімічного забруднення:

1. Ініціювальні (первинні) вибухові речовини:

- солі важких металів гримучої кислоти: гримуча ртуть Hg(ONC)<sub>2</sub> і гримуче срібло AgONC;

- похідні азотисто-водневої кислоти: азид свинцю Pb(N<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, азид срібла AgN<sub>3</sub> і ціануртріазид C<sub>3</sub>N<sub>3</sub>(N<sub>3</sub>)<sub>3</sub>;

- солі важких металів стифнінової і пікринової кислот: стифнат свинцю C<sub>6</sub>H(NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>O<sub>2</sub>Pb і тетразен C<sub>2</sub>H<sub>8</sub>N<sub>10</sub>O.

2. Бризантні вибухові речовини:

- ініціювальні (вторинні): тетрил C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>NCH<sub>3</sub>NO<sub>2</sub>, ТЕН - C(CH<sub>2</sub>ONO<sub>2</sub>)<sub>4</sub>, октоген - C<sub>4</sub>N<sub>4</sub>H<sub>8</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>4</sub>, гексоген - (CH<sub>2</sub>NNO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>;

- звичайні бризантні: тротил - C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>CH<sub>3</sub>, нітрогліколь - C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(ONO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, нітрогліцерин - C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>(ONO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>, пікринова кислота - C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>OH, динітробензол - C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, нітродигліколь - OC<sub>4</sub>H<sub>8</sub>(ONO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>; нітрати (ефіри) азотної кислоти: нітрогліцерин, нітрат амонію NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.

3. Сумішні ініціювальні вибухові речовини: механічні суміші гримучої ртуті, хлорату калію та трисірчистої сурми;

4. Сумішні бризантні вибухові речовини: порохи (димний, гарматний піроксиліновий, баліститний, кордитний та ін.) і піротехнічні склади (освітлювальні, сигнальні, трасуючі, запалювальні та димові).

Піротехнічні суміші поділяють на дві групи: хлоратні й нітратні. Основою хлоратних сумішів є подвійна суміш хлорату калію KClO<sub>3</sub> з горючим (смола, вуглеводні), який є токсичним тому що сприяє розкладу еритроцитів. Ця суміш дає інтенсивне горіння з утворенням білого полум'я. Для забарвлення додають до неї відповідну сіль: натрію - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, барію - Ba(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, стронцію - SrCO<sub>3</sub>, SrC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> та міді – CuCNS. Основними компонентами сигнальних сумішів на основі нітратів є: Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

+ магній + флегматизатор,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  + магній + флегматизатор. Всі основні їхні компоненти є токсичними.

Вибухове перетворення вибухових речовин і засобів підривання супроводжується утворенням великої кількості газів і парів (на 1 кг ВР - 600-900 літрів), які містять токсичні оксиди та інші сполуки. До основних з них належать оксид вуглецю (CO), оксид і діоксид азоту (NO,  $\text{NO}_2$ ) та солі важких металів, пари ртуті та свинцю і т. ін. Таким чином, склад і фізико-хімічні властивості ВР впливають на утворення отруйних газів під час вибухових перетворень. Якщо до складу ВР входять сірка або хлор, то у продуктах вибуху є  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , HCl та  $\text{Cl}_2$ , а коли ВР має у складі метали або їхні солі, то у продуктах вибуху присутні оксиди, карбонати, сульфати та ін.

Залежно від типу вибухової речовини (пороху) та умов використання, продукти вибуху можуть також включати інші речовини, такі як оксиди азоту NO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ , пари ртуті та свинцю. При негативному кисневому балансі утворюється більше чадного газу (CO), а при позитивному кисневому балансі - більше оксидів азоту (NO). Токсичні гази також можуть утворюватися в результаті хімічної взаємодії продуктів вибуху з навколишнім середовищем (атмосферою), коли вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) відновлюється до токсичного чадного газу (CO). Оксид вуглецю (CO) утворюється скрізь, де є умови для неповного згорання вуглецевмісних матеріалів. Гази, що утворюються під час вибуху димного пороху, містять 9% CO, вибуху тринітротолуолу - 57% CO, мериніту - 61% CO і пікринової кислоти - 64% CO. Оксид вуглецю (CO) та оксиди азоту (NO,  $\text{NO}_2$ ) є кров'яними отрутами. Діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ) подразнює дихальні шляхи і викликає бронхоспазм. Сірководень  $\text{H}_2\text{S}$  є сильним нейротоксином і викликає смерть від дихальної недостатності.

Дані показують, що більшість забруднюючих речовин, що утворюються в результаті військових дій, є газоподібними, водорозчинними або твердими дрібнодисперсними речовинами.

**Таблиця 2.11.** Загальний викид основних забруднюючих речовин бронетанковою технікою

Тип військової техніки	Витрата пального на 100 км, л	Тип двигуна	Викид забруднюючої речовини (на 1 км пробігу)	
			група	кількість, гр
БМП-1, БМП-2	100, 92	Д,УТД-20, Д,УТД-20С1	Нафта та нафтопродукти	80
			Ароматичні сполуки	35
			Важкі метали	51
БТР-60 БТР-70	92, 116	ГАЗ-49, ГАЗ4905	Нафта та нафтопродукти	до 75
			Ароматичні сполуки	до 30
			Важкі метали	до 45
БТР-80	60-130	Д740	Нафта та нафтопродукти	80
			Ароматичні сполуки	35
			Важкі метали	51
Т64	300-450	Д, 5 ТДФ	Нафта та нафтопродукти	210
			Ароматичні сполуки	130
			Важкі метали	175
Т72	260-450	Д, В-46-6	Нафта та нафтопродукти	200-270
			Ароматичні сполуки	180-240
			Важкі метали	128-170

**Таблиця 2.12.** Загальний викид забруднюючих речовин на рік озброєнням танкового полку при проведенні бойової діяльності

Забруднююча речовина (група)	У середньому	Кількість машин	Моторесурс на рік	Масове значення
------------------------------	--------------	-----------------	-------------------	-----------------

	одна машина за 1добу (гр.)			викиду у тоннах на рік
Нафта та нафтопродукти	400	10	1200	0,8
Ароматичні сполуки	1800	10	1200	3,96
Важкі метали	680	10	1200	1,49

Під час бойових дій використовуються бойові машини, що працюють переважно на дизельному паливі, і їхнє згоряння призводить до викидів до 2,6 кг (на кілометр пробігу) приблизно 200 різних забруднюючих речовин. речовин, основними з яких є нафтопродукти, важкі метали та ароматичні сполуки (Таблиця 2.11). Враховуючи, що моторесурс бронемашини становить понад 4 000 літрів на рік, це означає, що за рік експлуатації однієї бронемашини в атмосферу викидається приблизно 6,3 кг свинцю, 180 кг оксидів азоту та 140 кг оксидів вуглеводнів.

У Таблиця 2.12 приведено дані про загальний викид забруднюючих речовин бойової групи машин танкового полку.

Тому експлуатація та обслуговування військової техніки призводить до високого рівня забруднення нафтопродуктами, свинцем та ароматичними вуглеводнями. В ході постійних бойових дій в ґрунті накопичуються свинець, оксид вуглецю, кадмій та нафтопродукти.

### **2.3. Умови міграції забруднюючих речовин в ґрунтах та в системі «ґрунт-рослина», «ґрунт-рослина-людина»**

Військово-технологічний вплив спричиняє специфічне забруднення ґрунтового середовища. Поряд з викидами органічних забруднювачів, таких як поліароматичні вуглеводні та поліхлоровані біфеніли, військова діяльність тісно пов'язана із забрудненням ґрунтів важкими металами. Зокрема, значне накопичення металів спостерігається в районах бойових дій в результаті використання різних систем озброєння. Доведено, що використання

військових технологій у сфері ведення бойових дій має значний вплив на забруднення ґрунтів. Таким чином, викиди забруднюючих речовин, пов'язані з військовою діяльністю, мають безпосередній вплив на навколишнє середовище і можуть відігравати важливу роль у здоров'ї цивільного населення. Доведено, що вплив забруднюючих речовин військового виробництва спричиняє несприятливі наслідки для здоров'я, пов'язані з серцево-судинними, метаболічними, неврологічними та пухлинними захворюваннями.

Потрапляння цих речовин в організм людини є фактором ризику розвитку різних патологій, а також збільшення та ускладнення багатьох захворювань. Багато мікроелементів, у тому числі необхідних організму, є токсичними для організму людини в аномально високих концентраціях. Встановлено, що навіть забруднювачі в незначних концентраціях змінюють активність ферментів в організмі людини, беруть участь у ядерній циркуляції та синтезі білків, а також викликають зміни на генетичному рівні.

Оскільки ґрунти є складними колоїдно-дисперсними системами, передбачити поведінку забруднюючих речовин у ґрунтах непросто. Ґрунти накопичують забруднювачі, перерозподіляють їх під впливом військових та антропогенних факторів і переміщують вгору по трофічному ланцюгу (ґрунт-рослина-людина).

Механізм мобілізації забруднювачів у ґрунті значною мірою залежить від утворення органічних комплексів, оскільки комплексоутворення змінює біодоступність і розчинність самої речовини. Комплексоутворення також змінює існуючі форми ґрунтових забруднювачів, змінюючи їхню біодоступність і розчинність.

Після потрапляння в ґрунт на «поведінку» вибухонебезпечних сполук і важких металів впливають біотичні та абіотичні процеси. Швидкість міграції та трансформації забруднювачів модулюється фізико-хімічними та біологічними факторами в ґрунтовому середовищі (розчинення, випаровування, адсорбція, фотоліз, гідроліз та біодеградація). Рухливість

забруднювачів у ґрунтовому середовищі залежить від гранулометричного та мінерального складу ґрунту, вмісту гумусу, окислювально-відновних умов, кислотно-лужного стану та наявності геохімічних бар'єрів.

На поведінку забруднюючих речовин великий вплив має часовий аспект. Розчинні органічні речовини та підкислення ґрунтового середовища підвищує швидкість міграції забруднювачів. Перерозподіл забруднювачів відбувається як у горизонтальному, так і в вертикальному напрямку. Горизонтальна міграція найпомітніша відразу після бомбардувань і відбувається насамперед завдяки повітряному переносу

Вертикальна міграція пов'язана з такими факторами, як дифузія іонів, міграція, пов'язана з потоком води, міграція кореневими системами рослин, фауною в ґрунті та діяльністю людини. Найбільш впливовим фактором на інтенсивність міграції забруднюючих речовин у ґрунті є водне середовище.

У ґрунтових розчинах забруднювачі існують як в іонній, так і в зв'язаній формі і перебувають у стані постійної рівноваги. Metали в природній воді існують у вигляді комплексних сполук з неорганічними лігандами та аніонами органічних кислот, які значно підвищують їхню рухливість. Залежно від ступеня рухливості, забруднювачі, особливо важкі метали, в рідкій фазі ґрунтів можна розділити на три основні форми: нерозчинні, колоїдні та добре розчинні. Важкі метали в матеріалі можуть бути присутніми у вигляді гідроксидів та у складі органічно-неорганічних комплексів ГК і ФК (гумінові та фульвокислоти).

Можливі сполуки колоїдної групи важких металів можуть бути в мінеральній, органічній та органо-мінеральній формах. В органо-мінеральній формі важкі метали присутні у вигляді комплексних хелатів або складних металоорганічних комплексів, що утворюються в результаті сорбції важких металів колоїдними органічними речовинами або у вигляді гідроксидів заліза, марганцю та алюмінію. Присутність у ґрунтах мінеральних форм важких металів впливає на біокомпоненти ґрунту і трансформує їх у більш складні форми. Гірські та породоутворюючі мінерали, а також основні

метали вилучаються з розчину і фіксуються у твердій фазі ґрунту. Процеси фіксації важких металів по всій товщі ґрунту разом утворюють сорбційний ландшафтно-геохімічний бар'єр.

Сорбційний бар'єр найбільш ефективний, коли швидкість проникнення низька, а концентрація хімічних речовин у розчині висока. Сорбенти, що утворюють неспецифічні комплекси або перебувають у дисоційованому стані, обмінюються з іншими речовинами в більш простих варіаціях. Здатність ґрунтів і водоносних горизонтів утримувати важкі метали шляхом адсорбції також залежить від площі поверхні, яка реагує з металом.

Компонентами ґрунту з важливими адсорбційними властивостями є глинисті мінерали, оксидні або гідроксидні мінерали (оксиди Al, Fe і Mn) і органічні речовини.

Органічна речовина має високий поверхневий заряд і тому відіграє важливу роль в іммобілізації металів у ґрунтах шляхом адсорбції. Тому ґрунти, багаті на органічну речовину, сприяють іммобілізації забруднювачів. Однак у лужних умовах високий вміст розчиненого органічного вуглецю сприяє утворенню металоорганічних комплексів, підвищуючи рухливість свинцю (Pb), міді (Cu) та нікелю (Ni); оксиди Al, Fe та Mn можуть утворювати поверхневі комплекси як з катіонами, так і з аніонами завдяки амфотерній природі їхніх поперемінно заряджених поверхневих груп і мають потенціал для стабілізації як стибію (Sb), так і свинцю (Pb).

Інтенсивність іммобілізації важких металів залежить не тільки від хімічних властивостей металу, органічної речовини та мінералогічного складу ґрунту, але й від складу ґрунтоутворюючих порід, які відрізняються за вмістом глини та органічної речовини, вологістю, інтенсивністю газообміну з атмосферою, мікробіологічною активністю та іншими ландшафтними і геохімічними факторами.

Гранулометричний і мінералогічний склад визначає питому поверхню ґрунту і її здатність до адсорбції важких металів, а, отже, і вміст важких

металів, що зв'язаний з глинистою фракцією. Цей фактор також контролює водний режим та інтенсивність водної міграції важких металів.

Велика кількість глинистих мінералів у ґрунті також відіграє особливу функцію в контролі біодоступності металів і вибухових речовин. Дослідження доводять, що високий вміст глинистих мінералів активно адсорбує гідрофобні органічні забруднення та знижує їхню біодоступність завдяки великій площі поверхні.

Текстура і структура ґрунту впливають на рух води, а отже, і на перенесення важких металів. Рух води через макропори може прискорювати переміщення важких металів у ґрунтових розчинах, тоді як дифузія через мікропори в ґрунтових агрегатах може сповільнювати їхній рух. Хімія міграційних середовищ характеризується окисно-відновними та лужно-кислотними умовами. Перший регулює інтенсивність блокування важких металів оксидами заліза та марганцю.

Одним з найважливіших процесів, який зазвичай відбувається за низьких окисно-відновних умов, є відновне розчинення аморфних і кристалічних гідроксидів заліза. Вивільнення секвестрованих і специфічно зв'язаних металів із затоплених ґрунтів завжди слід розглядати як наслідок відновного розчинення гідроксиду заліза. Ступінь окислення має вирішальний вплив на рухливість і біодоступність металів.

Вважається, що ґрунти з високим вмістом вуглецю, забруднені матеріалами, отриманими від військової техніки, схильні до підвищеного вимивання куль, снарядів та інших залишків уламків.

Рівень рН ґрунту є важливим фактором, що контролює вивітрювання сполук важких металів з куль, утворення вторинних мінералів, а також іммобілізацію, вивільнення та вимивання металів.

Здатність ґрунту витримувати максимальний рівень рН Здатність протистояти змінам відома як буферність ґрунту. Ґрунти з високою буферною здатністю мають потенціал підтримувати рівень рН, незважаючи на зміну окислювально-відновних умов, тим самим запобігаючи корозії

артефактів, таких як кулі та гільзи. Було помічено, що коли рН ґрунту знижується від лужного до кислого, корозія куль і вибухових речовин значно посилюється, а біодоступність металів і вибухових речовин збільшується.

Ємність катіонного обміну ґрунту також відіграє ключову роль у зниженні біодоступності вибухових речовин і металів на територіях воєнно-техногенного навантаження. Ґрунти з високими значеннями ємності катіонного обміну мають низьку біодоступність порівняно з ґрунтами низької ємності. Зокрема, значне зниження біодоступності тротилу спостерігалось в чорноземі, який має високу ємність катіонного обміну і, таким чином, знижену токсичність тротилу щодо дощових черв'яків.

Особливо значний вплив має фактор рельєфу, який визначає інтенсивність латеральної міграції. Іншим важливим природним фактором є водний режим ландшафтів, від якого залежить інтенсивність поверхневого та підземного стоку, сезонні зміни запасів вологи в ґрунтах та рівнів ґрунтових вод, їхні фазові перетворення.

Температура та річна кількість і характер опадів також впливають на розчинення вибухових речовин в ґрунті, підвищуючи їхню біодоступність. Найбільше корозійна активність вибухових речовин і гільз відзначена в ґрунтах з високим вмістом вологи, а ґрунти з періодичним затопленням вважаються помірно корозійними.

Температурний режим впливає на розчинність вибухових речовин. Максимальна швидкість дисоціації при збільшенні температур була зафіксована для тротилу, тоді як найнижча для гексогену. Попередні дослідження показали, що підвищення навколишньої температури також збільшує дисоціацію куль в діапазонах пострілу.

Наявність рослинного покриву на територіях воєнно-техногенного навантаження також впливає на рухливість вибухових речовин та важких металів. Рослини мають здатність зменшувати їхню міграцію до підземних вод. З цією метою використовуються багаторічні трави, такі як міскантус, і деревні види, такі як верби (*Salix sp.*) і тополя (*Populus sp.*)

Вважається, що вплив забруднювачів на ґрунтове середовище (біодоступність, екотоксичність, ризик забруднення рослин і ґрунтових вод) більшою мірою пов'язаний з рухомою фракцією, ніж з їх загальною концентрацією. Існує дві групи факторів, що контролюють поглинання забруднювачів з ґрунту рослинами: вміст рухомих форм забруднюючих елементів у ґрунті, який контролюється властивостями самого ґрунту, і біологічні властивості рослин по відношенню до іонів забруднювачів.

На процес поглинання важких металів рослинами ґрунт впливає двояко. З одного боку, ґрунти зменшують кількість елементів, які накопичуються в рослинах під час процесу поглинання (сорбції). Однак, з іншого боку, сорбовані елементи накопичуються у верхніх шарах, тобто в зонах з найбільшим поширенням коренів, тим самим посилюючи поглинання рослинами і дозволяючи важким металам накопичуватися більш інтенсивно, ніж якби вони були вільно рухомими в глибших шарах ґрунту.

Рухома фракція важких металів (фракція, доступна рослинам) включає водорозчинні метали (у вигляді іонів у ґрунтовому розчині), обмінні фракції та легкорозчинні металоорганічні комплекси. Потенційно біологічно доступні фракції металів включають деякі органічні, менш стабільні сполуки та метали, зв'язані з карбонатами. Сорбція металів рослинами залежить від хімічної форми та відносного розподілу металів у ґрунтовому розчині.

Певні зміни хімічних і фізичних умов (наприклад, седиментація, рН, органічна речовина, структура ґрунту, гумінові речовини) можуть призвести до вивільнення важких металів з рослин в інші компоненти біоти, що призводить до забруднення. Це, в свою чергу, впливає на наявність та рухомість металів у ґрунтах. Таким чином, сорбція забруднювачів ґрунтом регулює їх надходження з ґрунту в рослини і, відповідно, їх накопичення рослинами (рис. 2.1). Варіювання інтенсивності фіксації забруднювачів у ґрунтах свідчить про те, що надходження забруднювачів до рослин в основному визначається типом ґрунту та властивостями, що відповідають за його сорбційну здатність. На поглинання важких металів впливають кілька

факторів, включаючи види рослин, тип ґрунту, концентрацію забруднюючих елементів, морфологію, рН ґрунту, гранулометричний склад, вміст органічної речовини, здатність ґрунту поглинати катіони та наявність штучних джерел забруднення ландшафту.

Ґрунтам з високими показниками рН, вмісту глинистих мінералів, карбонату кальцію та органічної речовини властива значна поглинальна здатність по відношенню до елементів-забруднювачів. Такі ґрунти або повністю звільняють рослину від контакту з ними, або роблять ці контакти менш небезпечними.

Видалення елементів-забруднювачів з ґрунтового розчину відбувається в процесі осаду або адсорбції. Елементи-забруднювачі мають підвищену здатність до адсорбції органічною речовиною та оксидами, а також до заміщення лужних і лужноземельних металів. У кислих ґрунтах рухливість елементів підвищується і тим самим збільшується їхню доступність. Як правило, з кислих ґрунтів забруднювачі надходять в рослини в значно більших кількостях, ніж з слаболужних, нейтральних або слабокислих. Так, на дерново-підзолистому ґрунті (рН = 5,3) при однаковій концентрації свинцю насиченість листової тканини пшениці в 2 рази вище, ніж на високобуферному малогумусному чорноземі (рН = 6,9).

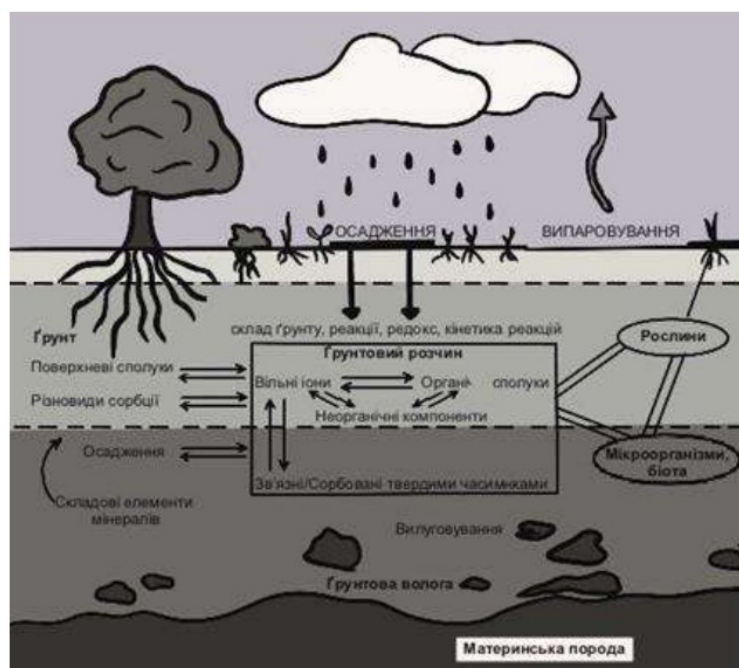


Рис. 2.1. Схема фізико-хімічних процесів міграції забруднюючих речовин у ґрунтах

У той же час рослини мають захисні властивості щодо поглинання забруднювачів. У них існує кілька систем контролю за надходженням іонів. В основному вони знаходяться в коренях та репродуктивних органах (насінні і плодах). Тут зосереджені механізми регламентації надходження іонів в рослини. Вивчення транслокації елементів-забруднювачів в рослини показало, що на перших етапах надходження елементів з ґрунтів їх основна частина затримується в коренях рослин. Передбачається, що затримання відбувається по периферії коренів, в зоні так званого паска Каспарі.

Водночас захисні механізми кореневої системи обмежені, і коли з ґрунту поглинається велика кількість токсичних іонів, вегетативний організм вже не є повністю захищеним від забруднення, і забруднюючі елементи починають проникати в надземні частини рослини. Водночас рослини мають механізми контролю надходження хімічних елементів у репродуктивні частини (насіння).

Хімічний склад рослин залежить від складу ґрунту, в якому вони ростуть, але рослини не повторюють цей процес. Це пояснюється тим, що рослини вибірково поглинають необхідні елементи відповідно до своїх фізіологічних і біохімічних потреб. Механізми стійкості рослин до перевантаження важкими металами різноманітні. Деякі рослини накопичують високі концентрації металів і стають стійкими, тоді як інші максимально використовують свої бар'єрні властивості, щоб зменшити споживання металів. Рівень накопичення важких металів рослинами залежить від їхніх генетичних та видових особливостей.

Незважаючи на широку варіативність характеристик рослин щодо накопичення металів, існують певні тенденції в біоаккумуляції елементів, які можна об'єднати в кілька груп:

- 1) Cd, Cs, Rb – елементи інтенсивного поглинання;
- 2) Zn, Mo, Cu, Ni, Pb, As, - середнього ступеня поглинання;

3) Mn, Cr, Co - слабого поглинання;

4) Se, Fe, Ba, Te - елементи важкодоступні для рослин.

Відомо, що існують як загальні закономірності, так і видові особливості рослин щодо накопичення важких металів. Наприклад, серед сільськогосподарських культур найвищі рівні важких металів виявлено в листових овочах і силосних культурах, а найнижчі - в бобових, зернових і технічних культурах.

Багато авторів відзначають видові відмінності в характері накопичення металів у рослинах. Встановлено, що видова специфічність накопичення металів є дуже чіткою, оскільки для деяких видів концентрації важких металів, що в сотні і тисячі разів перевищують фонові, є нормою (Fernandes, 1991). Такі незвичайні характеристики накопичення металів зустрічаються рідко, але є фітоіндикаторами підвищених концентрацій важких металів і специфічних елементів у ґрунтах і корінних породах.

Військові забруднювачі зазвичай присутні в ґрунті у вигляді залишків або частинок боеприпасів і потрапляють у ґрунт шляхом дифузії через порову матрицю. Ці забруднювачі мають різний рівень розчинності у воді і високу проникність у мігруючі шари ґрунту. Однак ці сполуки переважно присутні у високих концентраціях у приповерхневих (до 15 см) шарах ґрунту. Коли вибухові речовини вивільняються, вони контактують з ґрунтом, де поглинаються і адсорбуються частинками ґрунту (рис. 2.2). Тривалість адсорбції залежить від структури сполуки.

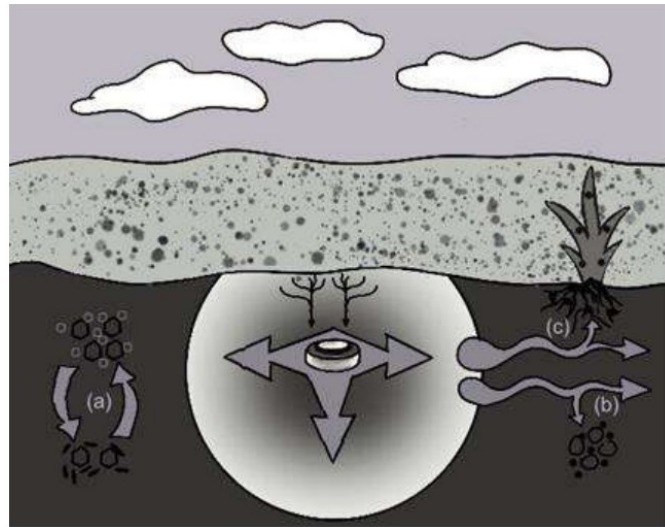


Рис.2.2. Поведінка сполук вибухових речовин у ґрунтах

*Пояснення до рисунку 2: центральний значок позначає нерозірвані боєприпаси, а колір за ним позначає дифузію забруднень. Вода позначена світлими стрілками, а присутність забруднюючих речовин за межами центральної зони дифузії позначена культивованими п'ятикутниками. Область (А) представляє мікробну взаємодію та метаболізм, (В) сорбцію частинками ґрунту та (С) поглинання та секвестрацію надземними та підземними тканинами рослин*

Взаємодія рослини-забруднювач починається з поглинання забруднювачів і зазвичай відбувається через рідкі розчини, присутні в пористій матриці ґрунту. Ґрунтові розчини, що містять вибухонебезпечні сполуки, проникають у коріння рослин без перешкод або завдяки збільшеному потоку води, якому сприяє транспірація листя. Вибухонебезпечні сполуки в коренях вільно переміщуються між мембранами, проходячи через каспійський пояс уздовж ксилеми і зрештою повністю осідають у рослині.

Токсичність вибухових речовин для рослин є дуже небезпечною і викликає багато стресів у рослин, починаючи від деформації морфологічних структур і закінчуючи порушенням клітинних реакцій на забруднювач. Потенційний стрес залежить від видового складу, часу впливу, концентрації і типу забруднювача.

На сьогоднішній день добре вивчені закономірності забруднення ґрунту вибуховими речовинами і важкими металами, а також їх розподіл серед видів рослин.

Біомоніторингові дослідження продемонстрували збільшення біоаккумуляції свинцю в іспанській хвої на нерегульованих майданчиках для стрільби з вогнепальної зброї, які характеризувалися підвищеними рівнями вмісту в ґрунті свинцю (Pb) та міді (Cu). Листя кульбаби лікарської, що росте в районах бойових дій є активним поглиначем металів воєнно-техногенного походження, насамперед миш'яку (As), барію (Ba), кадмію (Cd), кобальту (Co), хрому (Cr), міді (Cu), ванадію (V) і цинку (Zn).

Деякі дослідження показали токсичні рівні свинцю, міді та нікелю, що накопичуються в кормових рослинах, які ростуть на колишніх військових полігонах у Швейцарії. У деяких районах Косово, що зазнали інтенсивних бомбардувань боєприпасами зі збідненим ураном, лишайники залишаються схильними до накопичення урану. Як тротил, так і продукти його перетворення є високотоксичними для ґрунтової фауни, але чутливість до забруднювачів варіюється від виду до виду; вплив тротилу та інших хімічних боєприпасів призводить до значного пригнічення мікробної активності ґрунту. Високі концентрації вуглеводнів можуть викликати симптоми отруєння у дощових черв'яків. Наприклад, кільцевий набряк, застій, зневоднення, значне послаблення сегментації та зниження здатності організму рухатися і скорочуватися.

Продукти реакції нітроароматичних сполук можуть бути навіть більш токсичними, ніж вихідні сполуки. Органічна речовина ґрунту відіграє навіть більш важливу роль, ніж глинисті мінерали, в адсорбції та інактивації ТНТ. Чим вищий вміст глинистих мінералів і гумінових речовин у ґрунті, тим більша ймовірність того, що останні перешкоджатимуть поглинанню нітроароматичних речовин живими організмами.

В прибережних районах Пуерто-Ріко виявлено небезпечно високий рівень вибухових сполук, що вимиваються з боєприпасів, а також численні токсичні речовини внаслідок використання різних систем зброї під час військових навчань Військово-морських сил США. Нещодавні дослідження мікроелементного складу морських і наземних рослин в цьому регіоні

виявили високі концентрації свинцю, що свідчить про дисперсію забруднення та біоаккумуляцію токсичних речовин у морському харчовому ланцюгу.

Моніторинг рівнів свинцю та кадмію в печінці та нирках овець, які живуть на фермах поблизу військового полігону, перевищують контрольні значення. В свою чергу дослідження з Норвегії свідчить про низький ризик надмірного впливу міді та свинцю на овець під час їх систематичного випасу на територіях колишніх військових полігонів. Забруднення земельних та водних ресурсів регіону ртуттю, свинцем, міддю, магнієм, літієм, тротилом та збідненим ураном зумовлює надзвичайно високий рівень захворюваності населення в домогосподарствах, які проживають поблизу відкритого рифу. Зокрема, мешканці острова В'єкес, які проживали в зоні воєнно-техногенного впливу (навчальний військовий полігон), характеризувались значними перевищеннями вмісту свинцю (Pb), алюмінію (Al), кадмію (Cd), урану (U) та миш'яку (As) у сечі порівняно з фоновими значеннями мікроелементів характерними для населенням архіпелагу. Вміст миш'яку (As), кадмію (Cd), заліза (Fe), ванадію (V) та алюмінію (Al) у сироватці крові та волоссі були в рази вищими при порівнянні з районами позбавленими воєнно-техногенного впливу.

Низка досліджень показала негативний вплив військово-технологічних впливів на здоров'я дітей, які проживають у зонах бойових дій. Було встановлено, що затримка росту і нейророзвиток дітей пов'язані з пренатальним впливом важких металів, переважно миш'яку (As), барію (Ba) і молібдену (Mo). Збільшення кількості передчасних пологів і поширеності вроджених аномалій серед новонароджених у секторі Газа (Палестина) було виявлено серед жіночого населення при високих концентраціях барію (Ba), миш'яку (As), хрому (Cr), калію (Co) (As), кобальту (Co), кадмію (Cd), хрому (Cr), ванадію (V) та урану (U). У дітей в зоні бойових дій в Іраку також було виявлено порушення неврологічного розвитку. Поширеність передчасних пологів та вроджених вад розвитку в секторі Газа (Палестина)

пов'язана з підвищеним впливом на жіноче населення високих концентрацій барію (Ba), миш'яку (As), кобальту (Co), кадмію (Cd), хрому (Cr), ванадію (V) та урану (U).

Незважаючи на поодинокі дослідження військово-технічних наслідків, існують незаперечні докази негативного впливу на здоров'я населення. Вплив високих концентрацій важких металів на організм людини спричиняє пошкодження і зміни в діяльності найважливіших систем організму, таких як центральна і периферична нервова система, кровотворення і секреція організму. Багато хімічних елементів причетні до атеросклерозу, злоякісних пухлин і порушень генетичної системи. Епідеміологічний моніторинг є необхідним компонентом комплексної програми досліджень у сфері військово-технічного впливу.

#### **2.4. Типи порушень ґрунтів у зв'язку із бойовими діями**

Вплив війни на ґрунтове середовище часто недооцінюють порівняно з втратами людських життів та інфраструктури. Однак погіршення якості ґрунтів є довготривалим і суттєво знижує продуктивну функцію ґрунтів. З іншого боку, ґрунти мають тенденцію до відновлення своїх функціональних властивостей і підвищення продуктивності, але це відбувається взаємозалежно в часі, залежно від типу ґрунту, типу військово-технічного впливу та місцевих ландшафтних умов. Відновлення або покращення ґрунтоутворення часто компенсує наслідки військового і технологічного впливу. Гіпотеза гетерогенного порушення внаслідок військового і техногенного навантаження полягає в тому, що біорізноманіття є максимальним, коли порушення різняться за типом та інтенсивністю, а також є гетерогенними за тривалістю і масштабами в межах ландшафту. Він припускає, що ландшафти, сформовані гетерогенними порушеннями, забезпечують придатне середовище існування для видів, толерантних до

таких порушень, і видів, які з'являються в ландшафті в результаті таких порушень.

Оцінка військово-технічного навантаження на ґрунти у післявоєнних ландшафтах здійснюється відповідно до інтенсивності бойових дій з урахуванням типу військового забруднення. Одним із завдань еколого-геохімічної оцінки ґрунтів у зонах військових дій є визначення складу і структури чинників військово-техногенного навантаження та їх причинно-наслідкових зв'язків.

В Україні з 24 лютого 2022 року відбуваються повномасштабні бойові дії з порушеннями ґрунтового покриву. Ці порушення охоплюють дві групи:

- первинні – прямі механічні деформації ґрунтового покриву, теплове забруднення; захаращення поверхні.
- вторинні – ті, що спричинені наслідками невиконання стратегічних заходів поствоєнного відновлення – підтоплення, засолення, ерозійні процеси, пірогенна деградація, дегуміфікація тощо.

Військові операції мають низку механічних, фізичних і хімічних впливів на ґрунтовий покрив. Ці впливи призводять до руйнування структури та функцій ґрунтової екосистеми, погіршення фізичних та геохімічних властивостей. На різних типах військових об'єктів комплекс порушень включає тип і вид бойової діяльності, порушення рельєфу поверхні, ґрунту (внаслідок воронки від вибухів, переміщення озброєння), оборонних споруд (окопів, укриттів, вогневих точок, протитанкових споруд тощо), забруднення верхнього горизонтального шару ґрунтового покриву продуктами бойової діяльності, поверхневий стукіт (від може бути різним від уламків техніки, оборонних споруд, осколків тощо), забруднення верхнього горизонтального шару ґрунтового покриву продуктами бойових дій (може бути різним). Знищення рослинності, порушення ґрунтового покриву, нестача природної вологи та опустелювання є поширеними наслідками воєнно-техногенних стресів. В результаті різко скорочується чисельність біологічних популяцій і видів, а втрата біорізноманіття посилюється змінами в структурі і функціях

ландшафту. Типи і наслідки впливу на ґрунти представлені в наступних підрозділах.

### ***Механічний вплив та наслідки для ґрунтів***

Механічний вплив військово-технічних навантажень - це механічна деформація ґрунтового покриву, пов'язана з пересуванням військової техніки на колесах і гусеничному ходу, безпосереднім переміщенням військ, будівництвом наземних і підземних споруд, обстрілами, розмінуванням і будівництвом об'єктів оборонної інфраструктури. Механічний вплив супроводжується хімічним забрудненням ґрунту, що призводить до постійних заборон на використання земель.

Рух військ включає маневри гусеничної та колісної техніки, яка є важкою. Основним впливом руху на ґрунт є ущільнення з пошкодженням гумусового горизонту, що має прямі негативні наслідки такі як порушення водного балансу ґрунту, та спричинює розвиток вітрової та водної ерозії. При зниженні ступеня щільності підвищується розрідження водонасичених дисперсних ґрунтів, відбувається їх перехід у текучий стан внаслідок руйнування структурних зв'язків під дією динамічного навантаження. Цей процес протікає в кілька стадій (Рисунок 2.3):

- 1) руйнування структури ґрунту;
- 2) власне розрідження незв'язного (піщані відміни) ґрунту;
- 3) ущільнення ґрунту.

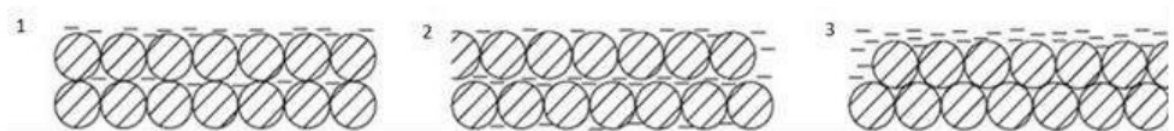


Рис.2.3. Перехід незв'язних водонасичених ґрунтів у розріджений стан (умовна модель)

Руйнування структури ґрунту відбувається внаслідок зміщення одного шару частинок відносно іншого під впливом військово-технічних навантажень. Це призводить до втрати щільності зв'язку між частинками ґрунту, що призводить до повного розрідження (руйнування структури).

Щільна структура ґрунтових частинок утворюється в результаті занурення ґрунтових агрегатів у підстилаючий шар зрідженого матеріалу. Внаслідок ущільнення ґрунту погіршується пристосованість рослин до зміни клімату, посушливих умов та дефіциту вологи.

Водночас, ґрунти, які були ущільнені внаслідок механічного впливу, стають більш стійкими до подальших військово-технічних впливів в умовах постійного дефіциту продуктивної вологи.

Маршрути руху військової техніки створюють колії та подвійні колії значної глибини, які часто заповнюються водою, спричиняючи перезволоження місцевості. Пошкодження ґрунтового покриву також призводить до повсюдного в'янення та вторинного підняття пилу.

На базі армії США у Форт-Райлі (штат Канзас)<sup>104</sup> моніторинг ущільнення колії танками M1A1 Abrams показав, що щільність ґрунту збільшується в умовах високої вологості та багаторазового руху і відновлюється до непорушеного рівня протягом одного-трьох років. Ефект ущільнення може бути вищим у шарах ґрунту, які переходять у корінні породи, ніж у гумусових або гумусово-алювіальних шарах ґрунту.<sup>105</sup> Дослідження механічного впливу на ґрунти в пустелі Мохаве (Каліфорнія), спричиненого військовими маневрами на початку 1940-х років<sup>105</sup>, показало, що 10-сантиметровий шар ґрунту після одного проходу 27-тонного танка M3 і непорушеного ґрунту рівні ущільнення були однаковими, але на глибині 25 см відбулися значні фізичні зміни. Рівні ущільнення суглинкового ґрунту з гранулометричним складом від 70-тонного танка M1A2 «Абрамс» були однаковими в колії і поза нею на будь-якій глибині, коли колія утворилася в сухому ґрунті. Це ж стосується і вологих ґрунтів. Те ж саме стосувалося і вологих ґрунтів, але тільки біля поверхні (до 5 см); в діапазоні 20-25 см рівень ущільнення був набагато вищим, що додатково вказує на чітку кореляцію між ступенем ущільнення ґрунту і його вологістю.

Для підвищення ефективності військових операцій США ґрунти додатково стабілізують природними або штучними в'язучими речовинами

(вапном, бітумом, цементом). Прискорені процеси консолідації з використанням каталізаторів високотемпературного затвердіння ґрунтуються на розпиленні полімербетонних композитів. Це ефективний метод для будівництва та ремонту фортифікаційних споруд, вертолітних майданчиків, пускових установок ракет та інших військових об'єктів.

При формуванні наземних і підземних фортифікаційних споруд (бліндажів, траншей, тунелів, сховищ паливно-мастильних матеріалів, складів боєприпасів) відбувається деформація ґрунтового покриву (наприклад, перемішування ґрунтового шару) (рис. 2.4). Це посилює низку небезпечних геоморфологічних процесів, таких як зсуви, підтоплення та просідання ґрунту. Тому при будівництві фортифікаційних споруд необхідно враховувати глибину залягання ґрунтових вод і вологість ґрунту.

Навмисне затоплення ґрунту і ускладнення пересування противника здійснюється шляхом штучного впливу на мінливі погодні умови. Відомим прикладом у цьому плані є операція «Попай», розроблена армією США. Йодистим сріблом посипали хмари, щоб продовжити сезон дощових літніх мусонів у Лаосі, В'єтнамі та Камбоджі. Програма надовго перервала постачання зброї та живої сили до В'єтнаму.

Одним з експериментів з руйнування ґрунту для створення непрохідних боліт на лініях комунікацій противника за допомогою штучного дощу була операція «Коммандо Лава», під час якої використовувалися паперові мішки, наповнені сумішшю нітрилотриацетату тринатрію і триполіфосфату натрію, які скидалися літаками над Лаосом.

Такі оборонні дії в Україні включають навмисне затоплення заплави річки Ірпінь (березень 2022 року) для запобігання російському наступу на північні околиці Києва (рис. 2.5).

Кратери утворюються внаслідок бомбардувань під час військових операцій. В результаті вибухової дії енергія швидко вивільняється, утворюючи кругову ударну хвилю, що оточує точку удару - кратер. Ця ударна хвиля спричиняє руйнування низки шарів ґрунту, при цьому чітко

руйнуючи повітряний і водний режим. В результаті вибуху ґрунт частково видаляється, утворюючи яму (рис. 2.6). Ґрунт, що залишився у воронці від вибуху, є турбулентним, піддається динамічному ущільненню і містить численні металеві фрагменти, а також залишки вибухових токсичних речовин. Вибухова воронка стає місцем накопичення гумусу, що прискорює процес вивітрювання і вимивання.



Рис.2.4. Приповерхневі фортифікаційні споруди – траншеї : а) поблизу м. Київ; б) поблизу м. Тростянець Сумської області (Фото з мережі інтернет, автор Анастасія Сплодитель)

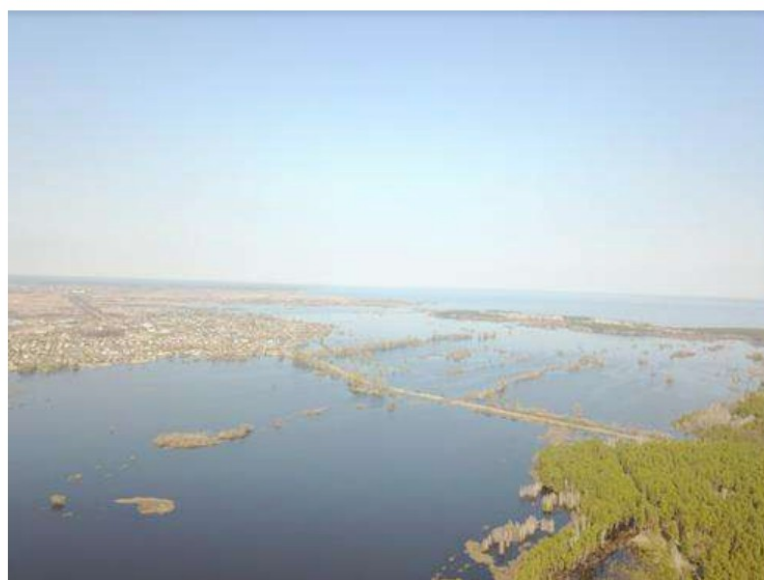


Рис.2.5. Заплава річки Ірпінь в районі Демидова — Козаровичів після підриву греблі (Фото з мережі інтернет, автор Олександр Дмитрієв)

Цей тип порушення ґрунту визначається як «бомбардування». Процес призводить до змішування генетичних шарів ґрунту та зміни мікрошарів, які формують унікальний післявоєнний ландшафт. Відкладення за межами стінок кратера настільки розкидані, що їх рідко досліджували.

Якщо боєприпас падає на землю під гострим кутом, утворюється круглий кратер з піднятим краєм або віссю, що складається з тонкого шару уламків. Коли вибухівка падає під меншим кутом, утворюються яйцеподібні або витягнуті воронки, а вибухова хвиля поширюється на значну відстань за межі воронки. При цих типах вибухів відкладення, що утворюють ґрунт, руйнуються і переносяться вибуховою хвилею.

Поверхня ґрунту піднімається вибухом, утворюючи невисокий вал, половина якого складається з викинутих уламків. Основна частина валу є структурним підняттям субстрату, який існував тут до удару. Край кратера опустився на дно під дією сили тяжіння і великої кількості уламків. Глибина кратера визначається складом гірської породи і глибиною, на якій він залягає. Якщо порода дуже пориста, утворюються глибші кратери, ніж у більш щільних породах.

Найбільші продукти вибуху залишаються на дні кратера або майже завжди знаходяться близько до нього. Розмір уламків зменшується пропорційно відстані від краю кратера. Такі уламки називають «ковдрою викиду». Основні уламки в основному розподілені в радіусі одного кілометра від краю кратера. Зі збільшенням відстані від краю кратера вони стають більш неоднорідними.

У сценарії В бомбардування порушило ґрунтовий покрив. Глибина і ширина кратера змінюється залежно від типу ґрунту та типу використаних снарядів, а також від глибини залягання ґрунтових вод. Дно кратерів, як правило, сприяє накопиченню рослинних решток, поряд із прискореними процесами вітрової та водної ерозії.

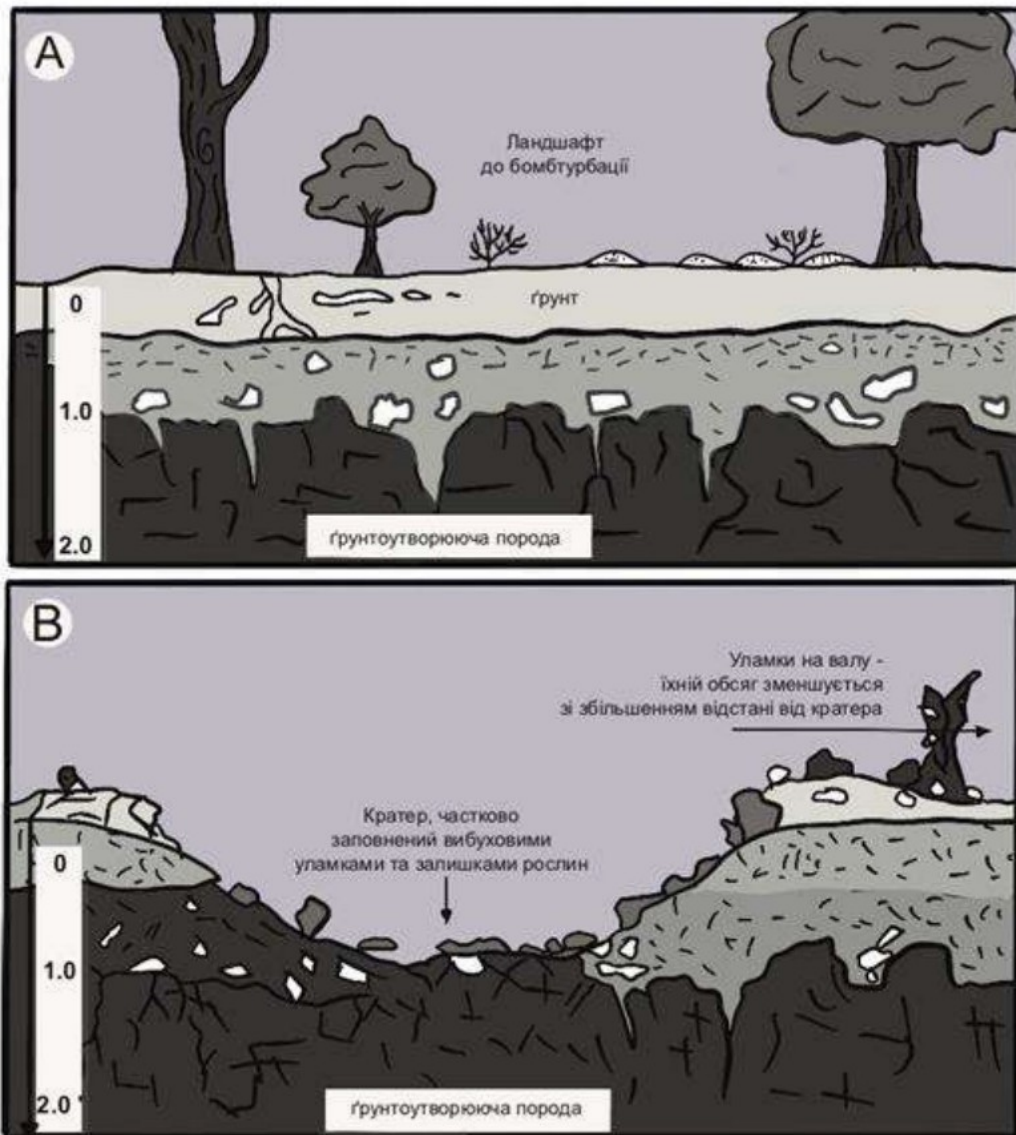


Рис.2.6. Типовий кратер, утворений бомбардуванням

Місця бомбтурбації стають осередками накопичення води та органічної речовини. Невдовзі на дні кратеру або воронки вибуху формується гідрофільна рослинність, що є відмінною від типового рослинного покриву місцевості, і яка свідчить про підвищену вологість ґрунту (Рисунок 2.7 і Рисунок 2.8). Формування більш товстих шарів дернової повсті є першою ознакою нового педогенезу. Однак, якщо кратери були утворені в місцях з близьким до поверхні рівнем ґрунтових вод розвиток ґрунту та вегетація рослин сповільнюється.



Рис.2.7. Кратер, утворений авіабомбардуванням і заповнений ґрунтовими водами. Тростянецька громада, Сумська область (Фото з мережі інтернет)



Рис.2.8. Кратер, утворений артилерійським бомбардуванням боєприпасом калібру 122 мм. Середино-Будська громада, Сумська область (Фото з мережі інтернет)

Військові фахівці США виділяють три типи кратерів, що утворюються внаслідок різної потужності та механізму вибуху боєприпасів:

- Кратерний або некратерний тип порушення - утворені боєприпасами, що вибухнули безпосередньо над земною поверхнею. Кратери переважно неглибокі, уламки на схилах та днищі переважно відсутні. Осколкові пошкодження є значними в безпосередній близькості від місця удару.

- Кратери, утворені боєприпасами, що вибухнули на незначній глибині - відрізняються добре помітною «платформою зсуву», що знаходиться під

кутом 45 градусів та добре сформованим навколо кратерним валом. Утворюються звичайними артилерійськими снарядами та авіаційними боеприпасами. Утворені уламки переважно великих розмірів і можуть частково засипати кратер. Внаслідок подвійного механізму вибухової дії (вглиб ґрунту та назовні) ударні пошкодження очевидні в безпосередній близькості від місця вибуху.

- Кратери, утворені боеприпасами, що вибухнули на значній глибині під землею поверхнею, з майже вертикальною платформою зсуву. Оцінити реальні розміри цих кратерів важко через велику кількість уламків всередині. За їх межами спостерігається мало уламків внаслідок повністю витраченої енергії під землею поверхнею. Порушення різного типу просторово обмежуються тим, що знаходиться безпосередньо над точкою вибуху.

Бомбардування завдало в'єтнамській суші такої шкоди, яку раніше не оцінювали. Американська авіація здійснювала «килимові бомбардування» в районах, які вважалися окупованими ворожими силами. В'єтнамський кордон є прикладом одного з багатьох районів, що піддавалися інтенсивним бомбардуванням на сході В'єтнаму.

Розсекречені записи ВПС США показують, що на цю територію площею 100 км<sup>2</sup> було скинуто 3205 бомб загального призначення. Бомбардування було частиною операції з блокади і прямої повітряної підтримки 7-ї повітряної армії США з травня 1970 року по серпень 1973 року, також відомої як операція «Угода свободи». Спочатку операція була обмежена територією в 50 кілометрах від кордону з Південним В'єтнамом, але через два місяці була перенесена на захід від річки Меконг. «Килимове бомбардування спричинило значні руйнування ландшафту місцевості, що охоплює приблизно 500 метрів завширшки і понад один кілометр завдовжки». За найскромнішими підрахунками, кількість кратерів, залишених бомбардуванням, оцінюється приблизно в 1,5 мільйона. Втрата лісового покриву спричинила деградацію ґрунтів, інтенсифікувавши процес внутрішньоґрунтового залізнення та утворення потужного вузлуватого шару.

На полі бою Першої світової війни під Верденом (Франція) перше бомбардування відбулося в 1916 році, коли німці випустили близько 80 000 снарядів по площі 1 000 x 800 метрів. Через понад століття після утворення кратера на його дні спостерігається сильна рослинність з накопиченням органічних речовин, що сприяє потовщенню і швидкому підкисленню гумусових і гумусово-алювіальних шарів. Це може бути передумовою підвищеної рухомості важких металів та їх інтенсивного переходу в прилегле середовище (рослинність, ґрунтові води). У гіпоцентрах, де поширене неглибоке залягання ґрунтових вод, дно багатьох кратерів значну частину року знаходиться нижче рівня ґрунтових вод. Вологість тут перешкоджає деяким довоєнним ґрунтоутворювальним процесам, але уможливорює нові ґрунтоутворювальні процеси, такі як зледеніння.

У районах, де ґрунтові води не залягають близько до поверхні, а вміст органічної речовини в ґрунті низький, кратери можуть сприяти росту рослин і, як спостерігалось у В'єтнамі, містять багато органічної речовини.<sup>123</sup> Гіпоцентри Аляски. Дослідження, проведені на цьому місці<sup>124</sup>, виявили вищі концентрації органічного вуглецю, азоту, калію і фосфору. Таким чином, утворення ям внаслідок бомбардувань може слугувати «каталізатором» для розвитку рослинності.

Механічний вплив, окрім первинних деформацій ґрунтового покриву, відображається в забрудненні ґрунтів продуктами бойової діяльності з металевими відходами гільз, осколками артилерійських снарядів. Значна частка забруднення припадає на вибухові речовини боєприпасів з випадковою детонацією під дією тиску (Рисунок 2.9).

Знищення боєприпасів, мінно-вибухових речовин, пристроїв відкритого підриву є екологічно найменш сприятливим варіантом усунення їхнього надлишку. За даними Міністерства оборони Боснії і Герцеговини, у 2016 р. 322 т вибухових пристроїв (30% від запасів) знищено відкритим способом на полігоні Гламоч. З моменту заснування полігону до кінця 2016 року було знешкоджено 3,298 тонни нестійких боєприпасів та мінно-

вибухових речовин. Дослідження, які проводились на полігоні виявили, що кадмій (Cd), нікель (Ni), мідь (Cu) і цинк (Zn) в ґрунтах перевищували гранично допустимі концентрації, свинець (Pb) зафіксований в межах максимально допустимих меж. Результати послідовної екстракції показують, що кадмій (Cd) і цинк (Zn) переважно зв'язані з оксидами, а свинець (Pb) і нікель (Ni) з оксидами та органічною речовиною.



Рис.2.9. Забруднення ґрунтів продуктами бойової діяльності. Харківська область (Фото з мережі інтернет)

### *Хімічний вплив та наслідки для ґрунтів*

Хімічні наслідки військової діяльності призводять до зміни природних параметрів ґрунтового покриву під впливом забруднюючих речовин, що утворюються внаслідок застосування систем озброєння та військової техніки. Тривала військова діяльність може призвести до формування локальних військово-техногенних геохімічних аномалій, у тому числі різних видів вибухових речовин та інших токсичних речовин, і накласти безстрокові заборони на використання земельних ділянок.

Хімічне забруднення військово-технологічного походження включає паливно-мастильні матеріали, розчинники, відходи гальванічних виробництв, залишки вибухів, дезактиватори, важкі метали та їхні сполуки, радіоактивні матеріали тощо. Фізико-хімічні види небезпечних речовин - це вибухові речовини.

Для стрільби використовуються боєприпаси з різним складом пороху і вибухових речовин, при згорянні яких утворюються шкідливі для здоров'я людини і навколишнього середовища речовини, такі як азот, сажа, вуглеводні, свинець, діоксид марганцю та інші похідні. Наприклад, при детонації одного осколково-фугасного боєприпасу калібру 115 мм, спорядженого гексогенами, утворюється приблизно 4 000 літрів газу, що містить продукти згорання цієї вибухової речовини. До 30 відсотків газу розсіюється в атмосфері, а основна його частина (важкі компоненти і важкі метали) осідає в ґрунті.

Вибухові речовини також відіграють важливу роль у вивільненні металів у ґрунтове середовище. Частинки, що вивільнюються артилерійськими снарядами, містять високі концентрації свинцю (Pb) і міді (Cu), які, як вважають, походять із снаряда або ствола.

Сучасні вибухові речовини і пальне - це азотовмісні органічні сполуки з високим потенціалом самоокислення до малих молекул газу ( $N_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ ). Вибухові речовини класифікуються на первинні та вторинні вибухові речовини відповідно до їхньої здатності до займання. Первинні вибухові речовини часто використовуються для запалювання вторинних вибухових речовин, таких як тротил, гексоген, октоген і тетрил.

Вважається, що великомасштабне мінне забруднення (визначене як  $>100$  км<sup>2</sup>) існує лише в Афганістані, Боснії і Герцеговині, Камбоджі, Туреччині та Іраку.

Ґрунт Іраку є найбільш забрудненим у світі: тут було скинуто понад 50 мільйонів касетних бомб, які вкрили територію площею приблизно 1730 км<sup>2</sup>. Існує 20 мільйонів наземних мін, численні заміновані території та багато

покинутих звалищ боєприпасів. Міни зосереджені в Іракському Курдистані, в межах основної нафтової інфраструктури і в прикордонних районах з Іраном, тоді як вибухонебезпечні предмети уражають південні і центральні провінції.

Значне забруднення (від  $>20$  км<sup>2</sup> до 100 км<sup>2</sup>) протипіхотними мінами також зафіксовано в Анголі, Азербайджані, Хорватії, Таїланді та Зімбабве. Наземні міни залишаються серйозною проблемою на кордоні між Китаєм і Камбоджею. Багато вибухонебезпечних предметів також було знайдено на кордоні з Лаосом. Між 1964 і 1973 роками над Лаосом було здійснено понад 580 000 бомбардувань, в результаті яких було скинуто понад 2 мільйони тонн боєприпасів. Це включало понад 270 мільйонів касетних боєприпасів, що залишили найбільшу кількість небезпечних боєприпасів. За оцінками, 30% з них не здетонували.

За даними Міністерства оборони В'єтнаму, уражені вибухонебезпечними речовинами та наземними мінами землі становлять близько 7-8% території країни. Незважаючи на масштабні операції з розмінування в 1990-х роках, в ґрунтах досі залишається три мільйони протипіхотних мін.

Підраховано, що південний Ліван був усіяний мільйоном нерозірваних касетних бомб, скинутих силами оборони Ізраїлю в останні дні війни Ізраїлю та Лівану 2006 року. Під час війни між Вірменією та Азербайджаном (1988–1994) фронтові лінії часто змінювалися, в результаті чого постраждало 37 млн. м<sup>2</sup> ріллі та 35 млн. м<sup>2</sup> пасовищ Нагірного Карабаху, а 80 тис. м<sup>2</sup> виноградників стали непридатними для використання

Військові навчання проводяться з використанням різноманітних боєприпасів, у тому числі різних видів змішаних вибухових речовин. Основними джерелами забруднення вибуховими речовинами та вуглеводнями на полігонах є залишки від детонації військових боєприпасів, таких як снаряди (наприклад, мінометні міни та артилерійські снаряди), гранати, наземні міни, авіаційні бомби та ракети. Просторова неоднорідність уламків виявилася високою. Розподіл за дальністю падіння (наприклад,

протитанкових і артилерійських снарядів, бомб) описується як випадково розподілений точковий удар. При детонації артилерійських снарядів, мінометних мін і гранат більш високого порядку витрачається більша частина вибухової речовини, а відносно невелика частка початкової маси ( $10^{-3}$  до  $10^{-6}$  %) осідає. Тому детонація високого порядку не впливає на загальну залишкову кількість забруднюючих речовин на значній відстані від вогневої позиції. В результаті детонації низького порядку початковий склад боєприпасів розсіюється на поверхні ґрунту.

Екологічні та геохімічні дослідження на 23 військових полігонах у США і Канаді показали, що концентрація тротилу і гексогенів у ґрунтах, близьких до низькопотужних вибухів, становила переважно від сотень до тисяч мг/кг.

Найбільш дослідженим полігоном у США був Кемп Едвардс, який був місцем проведення військових операцій з 1938 року. Ґрунтовий покрив містив високі концентрації перхлорату, гексогену, октогену та продуктів амінотрансформації тротилу. Зафіксовано забруднення ґрунтових вод компонентами боєприпасів внаслідок вертикальної міграції.

Нерозірвані боєприпаси та наземні міни становлять серйозну шкоду для ґрунтів протягом десятків років. Загроза полягає у викидах токсичних речовин внаслідок корозії боєприпасів, а також низки ризиків, пов'язаних з випадковою детонацією. Під час заходів з біоремедіації використовували ґрунт із заводу боєприпасів штату Луїзіана (LAAP), забруднений 10 000, 1900 і 900 мг/кг тротилу. Ці високі рівні забруднення були результатом нерелевантної санації - спалювання забруднених вибуховими речовинами ґрунтів та мулу. На іншому об'єкті армії США, на Абердинському полігоні, випробування боєприпасів призвело до осадження понад 70 000 кг урану на місцевих ґрунтах і донних відкладах. Найбільше забруднення було зосереджено на глибині 10 м, вище зони насичення, але локально досягало глибини до 85 м.

Вибухові небезпеки, включно із наземними мінами та касетними боеприпасами, завдають непоправних втрат цивільному населенню під час збройних конфліктів і можуть чинити тривалий вплив після їх завершення через прямі наслідки випадкової детонації. Забруднення ґрунту наземними мінами позбавляє місцевих громад доступу до землі та природних ресурсів. В 1994 році від наземних мін постраждало 12% всіх домогосподарств Афганістану, починаючи з 1995 по 2001 рік середня кількість жертв сягала 50 осіб на тиждень. Протягом шести десятиріч внаслідок таємного бомбардування Камбоджі, було вбито або поранено від нерозірваних боеприпасів понад 64 000 людей, і сьогодні кількість травм в середньому становить одну людину щотижня.

Значне забруднення токсичними речовинами ґрунту також є результатом інтенсивних боїв у Хорватії. Вміст ртуті (Hg), арсену (As) та кадмію (Cd) перевищує тут допустимі національні законодавчі норми. У той же час у ґрунті виявлено підвищений вміст міді (Cu), цинку (Zn), нікелю (Ni), свинцю (Pb), фосфору (P) та барію (Ba) порівняно з фоновими ділянками<sup>157</sup>. Воєнні дії на Балканах та в Перській затоці призвели до значного забруднення ґрунту вуглеводнями в Кувейті, Іраку, Лівані, Єгипті, а також у Косові, Боснії та Герцеговині.

Хоча наразі немає достовірних наукових даних, які б вказували на те, що нафтові пожежі в Кувейті мали довгостроковий вплив на ґрунтовий покрив країни, однак ніхто не ставить під сумнів їхній потужний місцевий і навіть регіональний вплив. Було зафіксовано близько 610 нафтових пожеж, що охопили сім нафтових родовищ на північ і південь від міста Кувейт. Пожежі поглинули понад 6 мільйонів барелів сирої нафти, 70 млн м<sup>3</sup> нафти і 70 млн м<sup>3</sup> супутніх газів. Шлейфи диму шириною 15-150 км простягалися на відстані від 0 до 1000 км від пожеж.

Ґрунти, забруднені вуглеводнями, є джерелом токсичних газів і пилу, що переносяться повітрям та мають гострий токсичний вплив на ґрунтове біорізноманіття. Бензол, толуол, етилбензол і ксилол, що виділяються зі

свіжозабруднених ґрунтів можуть спричинити хронічний вплив на стан здоров'я населення. Після потрапляння в ґрунт вуглеводні можуть повністю або частково займати поровий простір ґрунту, що блокує потік повітря та води. Це впливає на дихання коренів рослин, на ґрунтові мікроорганізми, а також на забезпечення цих біот вологою.

Використання білого фосфору у застосуванні запальних бомб складає загрозу продуктивному використанню ґрунтів протягом тривалого періоду часу. З часом фосфор виконує роль добрива, хоча має тенденцію випадати в осад у вигляді апатиту в нейтральних і лужних ґрунтах або Fe- та Al-фосфатів у кислих ґрунтах. Широкий набір таких ксенобіотиків включає також важкі метали, органічні розчинники, поверхнево-активні речовини, синтетичні феноли, ціаніди, діоксини, радіонукліди. Шкідливий вплив деяких з них на рослини та організми, що живуть у ґрунті, може тривати відносно довго

### ***Фізичний вплив та наслідки для ґрунтів***

Під фізичним впливом слід розуміти зміну фізичних властивостей ґрунтового покриву внаслідок застосування систем зброї та військової техніки. Розглянемо компоненти фізичного впливу різної природи на середовище від застосування систем зброї і військової техніки під час проведення воєнних заходів.

Вібраційний вплив характеризується більш низькими частотами коливань і передачею їх через тверді предмети, що безпосередньо стикаються з працюючими механізмами. Вібраційний вплив пов'язаний із генерацією під час заходів бойової підготовки енергетичних імпульсів. Разові імпульси виникають від вибухів боєприпасів на мішеневих полях та від стрільби з різних систем зброї, а періодично повторювані – це шум і вібрація від роботи військової техніки.

Джерелами вібрації на військовому полігоні можуть бути військова автомобільна та бронетехніка, а також дизельні, газодинамічні та вентиляційні установки різного призначення.

Вібрація, яка передається у ґрунті здатна призводити до його ущільнення, витискання води, просідання поверхні, утворення порожнин, зміни мікрорельєфу.

Радіоактивне опромінення спричинене підвищеним вмістом радіоактивних матеріалів внаслідок використання боеприпасів, обладнання та пристроїв, оснащених джерелами іонізуючого випромінювання, що містять збіднений уран. На сьогоднішній день в Україні не зафіксовано випадків застосування цього виду зброї.

Тепловий вплив зумовлений локальним підвищенням температури внаслідок викиду нагрітого повітря, порохових газів, газоподібних продуктів вибухового перетворення боеприпасів та відпрацьованих газів. Тепловий вплив негативно впливає на ґрунтовий покрив, викликаючи порушення теплового і водного режимів, зміну гранулометричного та агрегатного складу. Зміни температурного режиму ґрунту впливають на ґрунтові організми, змінюючи їхнє постачання киснем і призводячи до зменшення біорізноманіття. Для цього типу впливу не розроблено загальних стандартів.

Під час воєнних дій з боку РФ використання фосфорних боеприпасів (температура горіння білого фосфору сягає  $2760^{\circ}\text{C}$ ) спричиняє перепалювання ґрунту з вихідними властивостями, що сприяють злитогенезу. Зокрема, спостерігається наявність блокової структури та великої тріщинуватості в сухому стані.

*Таблиця 2.13. Критерії рівня пошкодження земель*

Рівень пошкодження (% площі ділянки)	Категорія придатності земель	Характеристика забруднення ґрунтів	Ємність буферизації, фільтрації та розкладання	Зменшення потужності ґрунтового профілю (%)	рН ґрунту	Р, К вміст поживних речовин	Проникність ґрунту	Зміна швидкості за пасів гумусу, %	Рівень ґрунтових вод (гідроморфність)	Глибина проміної відносної поверхні, см	Площа «викинутої» ґрунтової породи, % від загальної площі	Використання	Необхідні заходи

Пошкодження дуже низького рівня до 10% площі ділянки	Безумовно придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунті знаходиться в межах фонових значень	Висока буферність	<3	Слабка (рН 4-4,5)	Оптимальний вміст поживних речовин	Швидка і дуже швидка проникність (>15 см/год)	<10	Негідроморфні	<20	0-2	Ведення сільськогосподарської діяльності. Вирощування будь-яких культур	Не потрібні
Пошкодження низького рівня 10-25% площі ділянки	Придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує фонове значення, але не вище ГДК	Середня / висока буферність	3-25	(рН 3,5-4) або (рН 4,5-5)	Достатній вміст поживних речовин	Помірно швидка проникність (5-20)	10-20	Низька гідроморфність	20-40	3-5	Використання під будь-які культури за умови контролю за якістю сільськогосподарської продукції	Проведення агротехнічних заходів по зменшенню надходження металів у продукцію (вапнування, застосування органічних і мінеральних добрив)
Пошкодження середнього рівня 25-50% площі ділянки	Мало придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК при лімітуючому транслокаційному показнику	Середня буферність	26-50	(рН 3-3,5) або (рН 5-5,5)	Середній вміст поживних речовин	Помірна проникність (1,5-4)	21-40	Гідроморфний	41-100	6-10	Використання під технічні культури і без отримання на них продуктів харчування	Фітотерапія, підбір сільськогосподарських культур, що не накопичують забруднюючі речовини. Проведення агротехнічних

												ння та кормів; Використання підсінокоси і пасовища з нормованим випасом	их заходів.
Пошкодження високого рівня 50-75% площі ділянки	Умовно придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК по більшості досліджуваних забруднюючих речовинах	Низька буферність	51-75	(рН < 3) або (рН 5,5-6)	Низький вміст поживних речовин	Повільна і помірно повільна проникність (0,15-	41-80	Середні гідроморфні	101-200	11-25	Використання підсінокоси; вирощування ефіроолійних культур	Протигерозійні, гідротехнічні та хімічні рекультивациї. Виключити вирощування культур для продовольчих цілей.
Пошкодження катастрофічного рівня 75-100% площі ділянки	Не придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК по всім показникам	Дуже низька буферність	>75	(рН > 6,5)	Дуже низький вміст поживних речовин	Непроникний; дуже повільна проникність (	>80	Дуже гідроморфний	>200	>25	Вилучення із сільськогосподарського використання. Консервація	Природне відновлення

## Розділ 3

### Оцінка збитків завданих земельному фонду в наслідок військових дій

#### 3.1. Підходи до оцінки екологічних поствоєнних збитків

Підходи до оцінки екологічної шкоди залежать від конкретного типу шкоди - навколишньому середовищу, природним ресурсам чи здоров'ю населення. У той час як шкода природним ресурсам зазвичай оцінюється за допомогою ринкового підходу, багато економістів вважають, що шкода навколишньому середовищу і здоров'ю населення вимагає іншого підходу для того, щоб повністю оцінити її некомерційну цінність.[60]

1995-1996 рр. - робоча група експертів Програми ООН з навколишнього середовища з питань компенсації збитків, завданих війною, працювала в рамках Комісії з міжнародно-правових аспектів відповідальності і компенсації збитків, завданих навколишньому середовищу. У 1995-1996 роках робоча група експертів Програми ООН з навколишнього середовища з питань компенсації зосередилася на міжнародно-правових аспектах відповідальності та компенсації за шкоду, заподіяну довкіллю війною. Робоча група також вивчала різні методи оцінки, в тому числі умовну оцінку, і аналізувала, як існуючі методи можуть бути застосовані до конкретних видів шкоди.

Наразі розглядається низка інструментів економічної оцінки для визначення повної соціальної вартості екологічної шкоди, включаючи проміжні збитки, в тому числі з урахуванням заходів, спрямованих на відновлення. Компенсація у воєнний час є відносно простим процесом, який може і повинен відображати принципи компенсації, що застосовуються в судовій системі США для інших видів шкоди. На противагу цьому, в цій статті розглядаються випадки, коли унікальна природа збитків воєнного часу ускладнює або унеможлиблює застосування методів компенсації, розроблених для збитків мирного часу.

Припускається, що великомасштабна шкода екосистемам може мати синергетичний ефект між здоров'ям населення та іншими видами екологічної шкоди. Наприклад, забруднення від нафтових пожеж у Кувейті спричинило не лише пряму шкоду здоров'ю, але й непрямі наслідки через вплив забруднення на сільське господарство.

Це ще один виклик, зважаючи на те, що війна може спричинити довгострокову шкоду, а сучасні методи прогнозування та оцінки довгострокових наслідків мають обмежені можливості. Війна також ускладнює реагування на її наслідки. Конфлікт, що триває, може перешкоджати швидкому реагуванню на інциденти, затримуючи відновлення і збільшуючи шкоду до завершення війни. Крім того, навантаження на критично важливу фізичну та економічну інфраструктуру у воєнний час може ще більше ускладнити відновлення економічної інфраструктури.

Дві конкретні пропозиції ґрунтуються на існуючих положеннях законодавства США. Хоча можуть бути сумніви щодо повного покладання на внутрішні методи оцінки у воєнний час, наразі бракує міжнародного досвіду в оцінці екологічної шкоди, а тим більше у воєнний час. У той же час, на національному рівні в судах напрацьовано багатий інструментарій і досвід. Це включає широке використання найсучасніших теорій і методологій для оцінки шкоди, завданої у воєнний час природним ресурсам і здоров'ю населення, наприклад, розливів нафти, масового знищення дикої флори і фауни та довгострокового впливу на здоров'я населення Робоча група ЮНЕП спиралася на національне законодавство, «особливо там, де можна визначити загальний підхід».

У двох нещодавніх відомих випадках екологічної шкоди, завданої під час війни, постраждалі держави вимагали компенсації лише за витрати на відновлення довкілля: у позові після війни в Перській затоці 1990-1991 років уряд Кувейту вимагав відшкодування фактичних і очікуваних витрат на екологічну оцінку, моніторинг і відновлення довкілля, включно з витратами,

пов'язаними з Він вимагав компенсації приблизно 16,3 мільярда доларів США за витрати на екологічну реабілітацію.

Підхід «повної компенсації», заснований на відновленні соціальних втрат, втілений у Законі США про забруднення нафтою 1996 року, є цінним прикладом для інших видів відповідальності, спрямованих на захист природних ресурсів на міжнародному або національному рівні.

Деякі договори визначають відновлення дуже вузько, обмежуючи його фактичним відновленням пошкодженого ресурсу, тоді як інші допускають обмін на «еквівалент».

Політика, яка покладає на сторони відповідальність за проміжні збитки, також заохочує своєчасне відновлення (реабілітацію), оскільки проміжні збитки мають тенденцію зростати, чим довше затримується відновлення. Компенсація проміжних збитків спочатку була задумана в США у формі грошової компенсації, тобто суми грошей, необхідної для повного відшкодування втрат громадськості. Однак законодавчі обмеження, згідно з якими компенсація може бути використана лише для поліпшення природних ресурсів або створення нових природних ресурсів, призвели до розробки альтернативного підходу, який отримав назву «компенсація на основі ресурсів», коли компенсація набуває форми ресурсного проекту.

Однією з переваг цього підходу є те, що, відшкодовуючи витрати на заходи санації, а не грошову оцінку попередніх збитків, він дозволяє уникнути ситуацій, коли для здійснення санації зазвичай не вдається зібрати достатньо коштів. Крім того, цей новий підхід дозволяє фахівцям у справах про неплатоспроможність уникнути деяких суперечок щодо розміру грошової компенсації. Зокрема, він гарантує, що громадськість отримує компенсацію не лише за втрату природних ресурсів, але й за проміжні втрати до початкового стану порушеного ресурсу або його заміни.

За останні два десятиліття Конгрес США прийняв кілька важливих екологічних законів, що включають положення про відповідальність, які

підтверджують і розвивають принцип відповідальності за шкоду, заподіяну суспільним природним ресурсам.

Один з цих законів, що включає Комплексний закон про компенсацію та відповідальність за забруднення навколишнього середовища та Закон про забруднення нафтою, зосереджується на розливах нафти та небезпечних речовин і встановлює політику запобігання та реагування на додаток до вимог щодо ліквідації наслідків та компенсації, передбачених положеннями про відповідальність. Інший пакет, який включає Закон про національні морські заповідники та Закон про ресурси паркової системи, встановлює спеціальні заповідники, передбачає розробку планів управління ресурсами і доповнюється положеннями про відповідальність за шкоду, заподіяну охоронюваним ресурсам з будь-якої причини.

Крім того, законодавство США забезпечує чітку аналітичну основу для розгляду двох елементів компенсації: заміщення природних активів та компенсації проміжних втрат між виникненням шкоди та відновленням пошкодженого ресурсу або його заміщенням до стану, що існував до пошкодження<sup>345</sup>. Крім того, політика, яка накладає на відповідальну сторону зобов'язання зменшити проміжні збитки, заохочуватиме відповідальну сторону до своєчасного відновлення пошкоджених ресурсів, оскільки затримки у відновленні, як правило, збільшують проміжні збитки.

Положення про відповідальність за забруднення в США запровадили тимчасову втрачену цінність (грошові збитки)<sup>346</sup> громадянськості (понесені окремими членами громадянськості) на проміжний період. У цьому випадку загальною мірою збитків буде вартість початкових заходів з відновлення, спрямованих на прискорення відновлення, плюс поточна дисконтована вартість землі.

Ця міра збитків особливо підходить для судових процесів, в яких окремі позивачі отримують пряму фінансову компенсацію, наприклад, у приватному судочинстві, оскільки вона являє собою суму грошей, необхідну для «відшкодування» збитків особи. Правові обмеження на використання

компенсації мотивували розробку альтернативних заходів проміжного відшкодування збитків.

Мірою збитків за проміжні втрачені послуги в ресурсно-орієнтованому підході до компенсації є вартість бажаного проекту компенсаційного відновлення, якщо дизайн і масштаб проекту є такими, що компенсують проміжні втрати суспільству. Для забезпечення повної компенсації суспільству проміжних втрат процес масштабування визначає масштаб необхідних компенсаційних заходів з відновлення таким чином, щоб теперішня дисконтована вартість вигод від цих заходів дорівнювала теперішній дисконтованій вартості проміжних втрат.

Аналіз масштабування для компенсаційних відновлювальних заходів (як частина альтернативного варіанту відновлення, включаючи заходи з первинного відновлення) вимагає:

- кількісного визначення обсягу та тривалості втрачених послуг внаслідок пошкодження, з урахуванням первинних відновлювальних заходів;
- кількісної оцінки послуг, отриманих для різних масштабів компенсаційних відновлювальних заходів;
- визначення відносної вартості втрачених послуг внаслідок травми та додаткового приросту послуг від відновлювальних заходів.

### **3.2. Оцінка пошкодження земель Донбасу**

Донецький економічний регіон, який включає Луганську та Донецьку області, традиційно був одним з найбільш промислово розвинених регіонів України. Екологічна ситуація на Донбасі ще за радянських часів оцінювалася як кризова і класифікувалася як зона надзвичайної екологічної ситуації. Ліквідація шахт в рамках реструктуризації вугільної промисловості спричинила незворотні зміни в екологічному стані геологічного середовища. Це відбулося головним чином тому, що відносна екологічна рівновага ландшафту Донбасу ґрунтувалася на підтримці шахтами рівня ґрунтових вод

на значній глибині без водонасичення зон штучних порушень над шахтними стволами. Сукупний вплив підприємств чорної та кольорової металургії, хімічної промисловості та енергетики створює складні екологічні проблеми, такі як порушення поверхні внаслідок гірничих робіт, підтоплення шахт, неконтрольовані витоки мінералізованих і забруднених вод, порушення геодинамічного режиму у верхніх шарах геологічного середовища, забруднення поверхневих, підземних вод і атмосферного повітря. Надзвичайно серйозною проблемою Донбасу є втрата продуктивних земель внаслідок промислового розвитку, що призводить до високого рівня забруднення та деградації ґрунтів.

Війна, що триває в регіоні з 2014 року, серед іншого, спричинила нові екологічні загрози на цій території. Вивчення сучасних екологічних проблем Донбасу ускладнюється важкодоступністю багатьох територій, що унеможливує проведення серйозних експериментальних робіт та отримання необхідної інформації. У межах промислових кластерів різко зростає кількість аномалій військового та техногенного походження, які накладаються на наявні антропогенні забруднення.

Військово-технічне навантаження на ландшафти є найвищим у промислових агломераціях Луганська (Сєверо-Луганська), Сєверодонецька-Лисичанська (з центром у містах Сєверодонецьк, Лисичанськ та Любіжне) та Третьяковсько-Хорлівсько-Єнакіївської. У цих районах, зокрема, концентрації Hg, As і Cd у ґрунті були значно підвищеними і перевищували гранично допустимі та фонові значення. Водночас у зразках ґрунту спостерігався підвищений вміст Cu, Zn, Ni, Pb, Sr, Cr, P та Ba порівняно з контрольними територіями. Результати аналітичного дослідження вмісту важких металів у ґрунтах військових ландшафтів, які одночасно знаходяться в зонах військово-технічного навантаження та в зонах впливу промислових об'єктів, становлять Pb (35-14 000 мг/кг), Cu (35-95 мг/кг, на окремих ділянках 250-330 мг/кг) та Ni (84-300 мг/кг), інші важкі метали (наприклад, Mn, Cr, Zn) перевищують регіональні фонові значення.

Порівнюючи фонові значення показників фізико-хімічних властивостей ґрунтів промислових агломерацій Донбасу до початку бойових дій, автори встановили закономірні коливання вмісту окремих мікроелементів і важких металів. У більшості випадків вміст важких металів у зразках ґрунту, відібраних у зоні бойових дій, перевищував фонові значення у 3-25 разів. Для ртуті, ванадію та кадмію спостерігалися систематичні перевищення в 3-6 разів. Деякі проби перевищували фонові значення в 100 разів. При порівнянні середнього загального вмісту важких металів у районах застосування стрілецької зброї, артилерії та реактивної артилерії з фоновими значеннями на Донбасі найбільші кластери концентрації спостерігалися для кадмію, свинцю, міді, цинку і в деяких випадках ртуті.

Крім того, збільшення площ затоплення і підтоплення при підйомі рівнів підземних вод призводить до змін екологічних параметрів геохімічних ландшафтів, збільшення рухомості техногенних елементів. Найбільшими показниками рухливості серед високонебезпечних елементів володіє цинк з вмістом рухомих форм 10-20% від валового вмісту. Кількість рухомих форм свинцю в досліджуваних ґрунтах регіону досягає 6-8% від валового вмісту. Хром серед досліджуваних небезпечних елементів володіє найменшою рухливістю – до 2,2 % (Рис. 3.1).

Для ґрунтів у зоні бойових дій також було визначено загальний індекс забруднення ( $Z_c$ ) за методикою Ю.Ю. У кожній точці відбору проб ґрунту розраховувався індекс хімічного забруднення ґрунту  $Z_c$  на основі аналізу геохімічних проб за описаною вище методикою. Для розрахунку  $Z_c$  використовувався середній фоновий вміст хімічних елементів. Для елементів, вміст яких перевищував фоновий рівень, розраховувався коефіцієнт концентрації  $K_c$ .

Значення сумарного індексу хімічного забруднення  $Z_c$  змінюються в широкому діапазоні від 7,3 до 118,5 в межах досліджуваної території. Розрахунок сумарного індексу забруднення ґрунту вказує на те, що зони військового впливу в межах регіону характеризуються небезпечними рівнями

забруднення ґрунтів важкими металами ( $Z_c$  від 32 до 128), тоді як інші зони концентрації є помірно небезпечними ( $Z_c$  від 16 до 32). Найнижчі допустимі рівні загального забруднення ґрунтів (до  $Z_c$  16) характерні для територій, розташованих переважно в північній та північно-східній частинах області (Рис. 3.2).

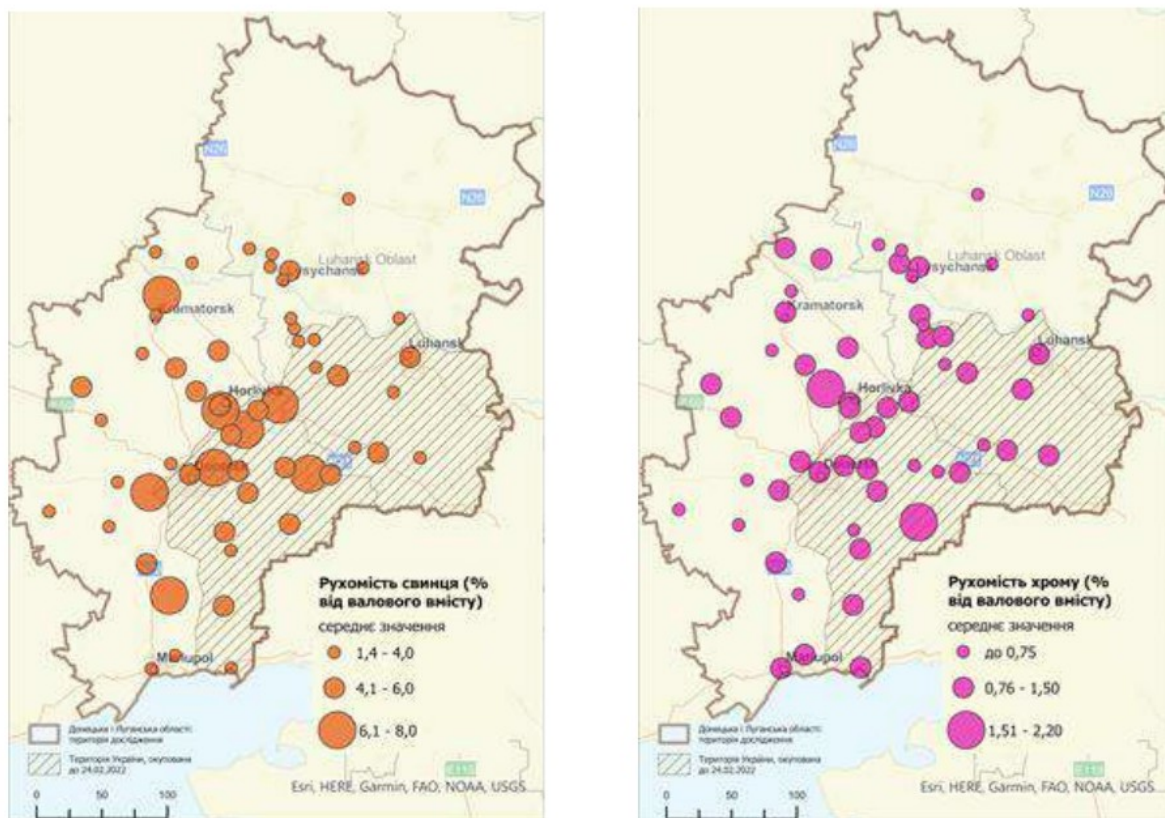


Рис.3.1 Розподіл рухомих форм свинцю (Pb) і хрому (Cr) в ґрунтах Донбасу (2016-2022 рр)

Досліджувані агломерації на цій території характеризуються витягнутими контурами аномалій, переважно підводних і північно-східного напрямку, які узгоджуються з вітровим підняттям. Сучасний еколого-геохімічний стан ґрунтового покриву Донбасу внаслідок значних просторово-часових змін природних і антропогенних факторів під впливом воєнних дій є надзвичайно складним і створює високий ризик виникнення надзвичайних екологічних ситуацій. В умовах потужного військового впливу на ландшафт регіону підвищується рівень фонових характеристик ґрунтового

покриву, зростають рівні коливань концентрацій токсичних елементів та їх сполук, змінюється структура хімічного складу ґрунтів.

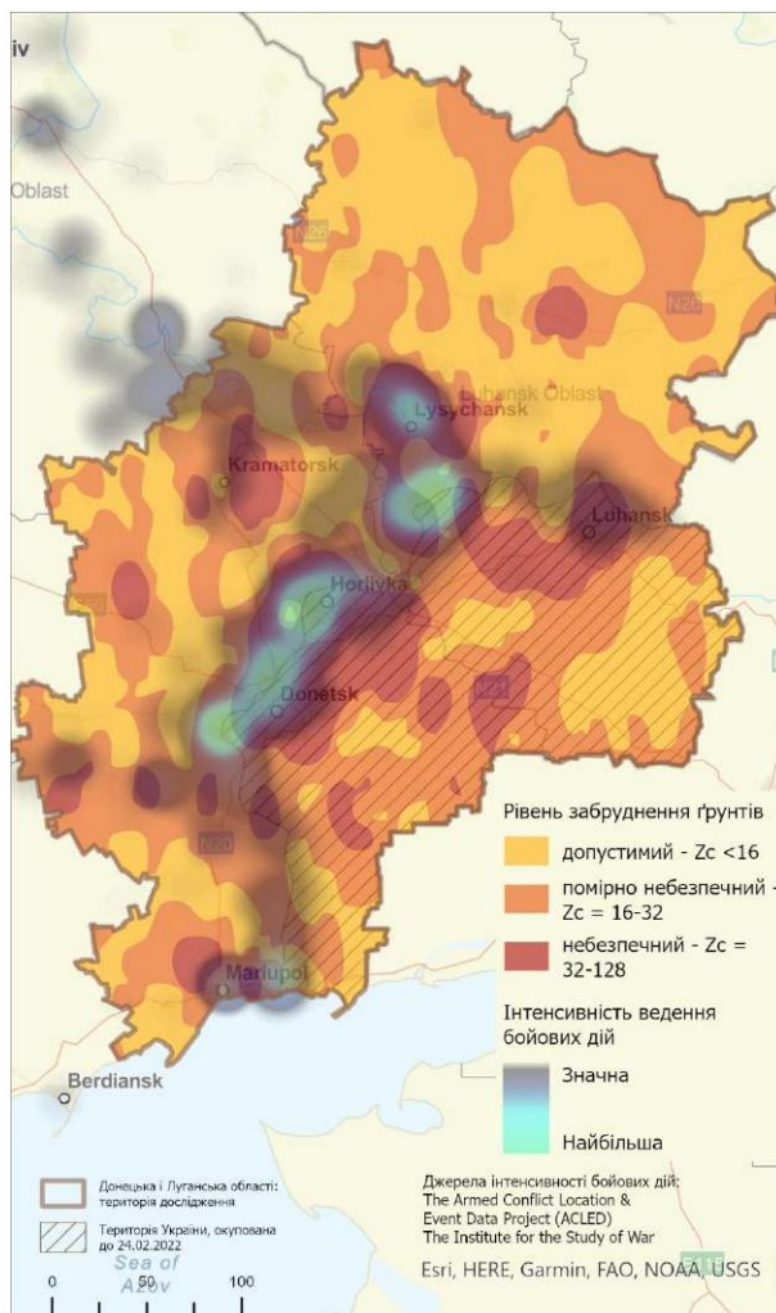


Рис.3.2. Рівень забруднення ґрунтів Донбасу з сумарним показником забруднення (2016-2022 рр)

Наслідки бойових дій на землі були більш детально вивчені на прикладі Салтанської громади в Донецькій області. Територія громади стала ареною бойових дій різної інтенсивності після серйозного вторгнення Росії в Україну 24 лютого 2022 року. Вивчення деталей бойових дій стало основою для апробації методологічних підходів до визначення причин та наслідків

пошкодження земель. Основним методом обстеження ключових територій були геоінформаційні технології (ГІС), які використовувалися для вирішення наступних завдань:

- збір та організація вихідних геопросторових даних;
- ідентифікація структури угідь
- аналіз космічних знімків
- ідентифікація, геолокація та характеристика бойових дій – факторів впливу на землі;
- розробка та застосування моделей геообробки для аналізу наслідків ведення бойових дій
- візуалізація результатів на картах.

Для дослідження території громади були використані результати дешифрування бойових дій та пов'язаної з ними діяльності на основі супутникових знімків: WorldView 3 (роздільна здатність 31 см), спектральна комбінація - природні кольори. Час знімання для Сартанської громади – березень 2022 року.

Аналіз та оцінка причин і наслідків бойових дій на суші проводилася з використанням наступних робочих процедур:

- ідентифікація земель, пошкоджених внаслідок бойових дій
- ідентифікація факторів впливу
- ідентифікація типів і наслідків впливу на землю
- оцінка рівнів пошкоджень
- загальна оцінка пошкоджень - багатофакторний аналіз
- загальна комплексна оцінка пошкоджень ґрунтів - ступінь пошкодження
- визначення методів відновлення.

Результати досліджень представлені картографічно. На рис. 3.3 відмічено пошкоджені землі внаслідок бойових дій.

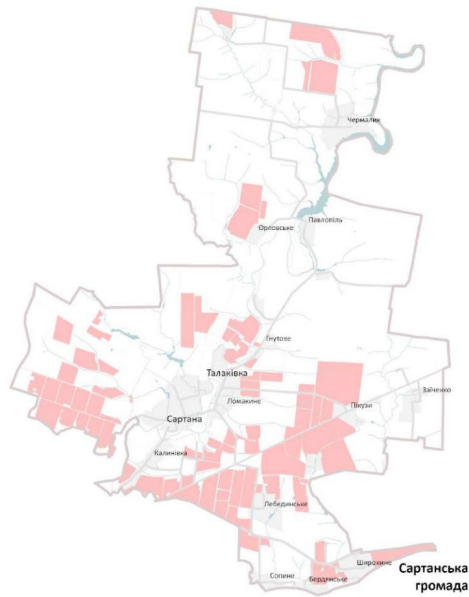


Рис. 3.3. Території, які були пошкоджені на території Сарганської громади внаслідок військових дій

Під час другого етапу нами було визначено основні фактори впливу (рис.3.4)

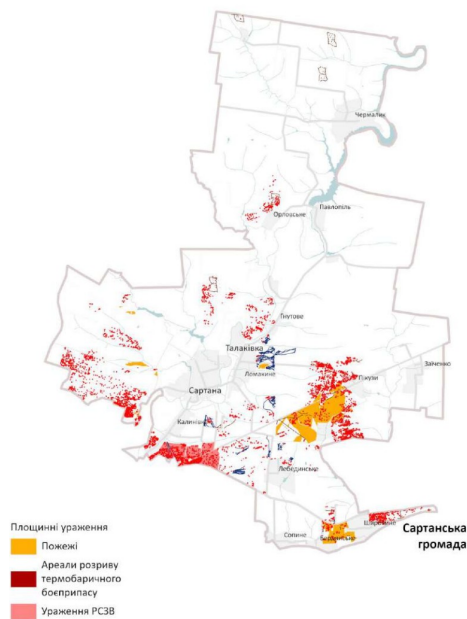


Рис.3.4. Основні фактори впливу, які виникають внаслідок бойових дій  
 Під час проходження третього етапу визначаються типи впливу військових дій та наслідки (рис.3.5)

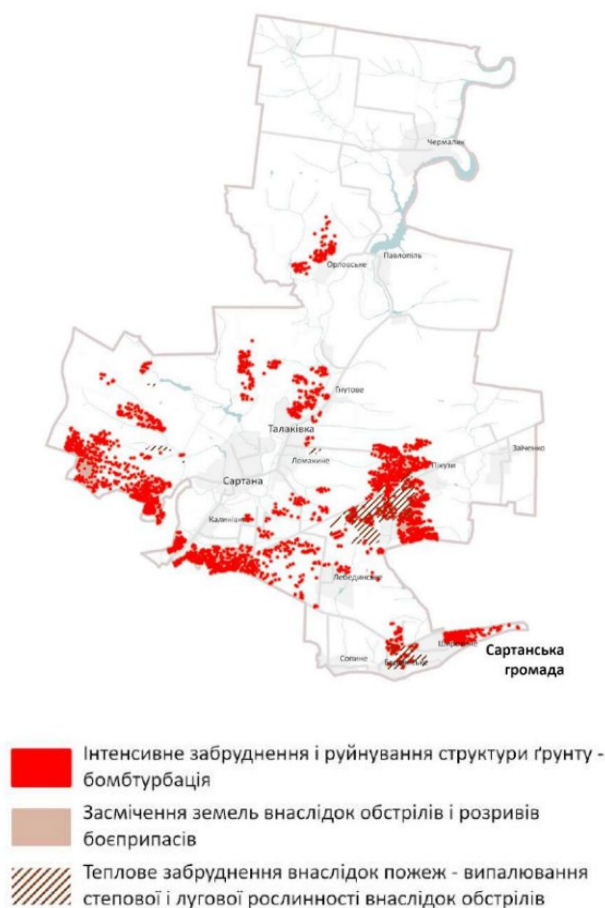


Рис.3.5. Визначення типів впливу військових дій та наслідки  
 На 4 етапі проводиться картографічне відображення результатів оцінки пошкодженості ґрунтів (рис.3.6).

На основі даних моніторингу хімічного стану ґрунтів на четвертому етапі проводиться оцінка рівня забрудненості ґрунтів. Рівень забрудненості можна визначати при відсутності даних хімічних аналізів на основі інтенсивності обстрілів. (рис.3.7)

Ґрунти в регіоні Султан вкриті нормальними малогумусними чорноземами. Глибина залягання гумусних ґрунтів становить 75-85 см. Колоїдний перерозподіл не спостерігається.

Гумусовий шар масивний, а орний - призматичний, з явним ущільненням. Реакція ґрунтового розчину близька до лужної та нейтральної в природному стані. Вміст кадмію коливається від 7 до 11,5 мг/кг, що перевищує ГДК у 7,6 разів.

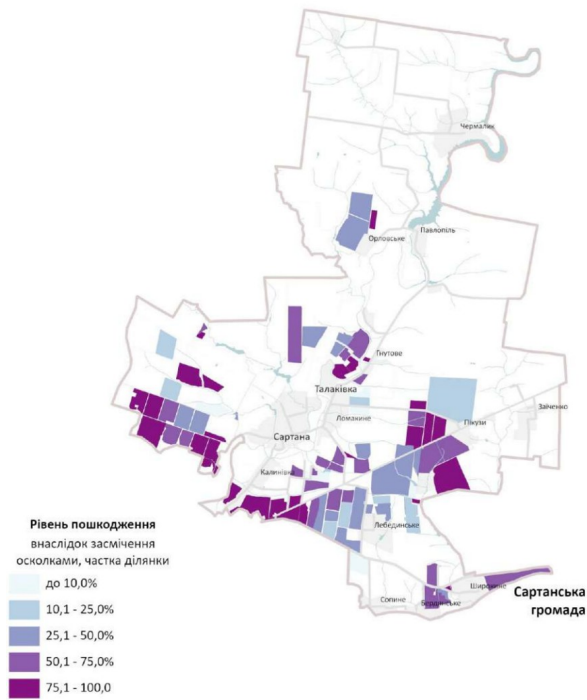


Рис.3.6. Рівень пошкоженості ґрунтів

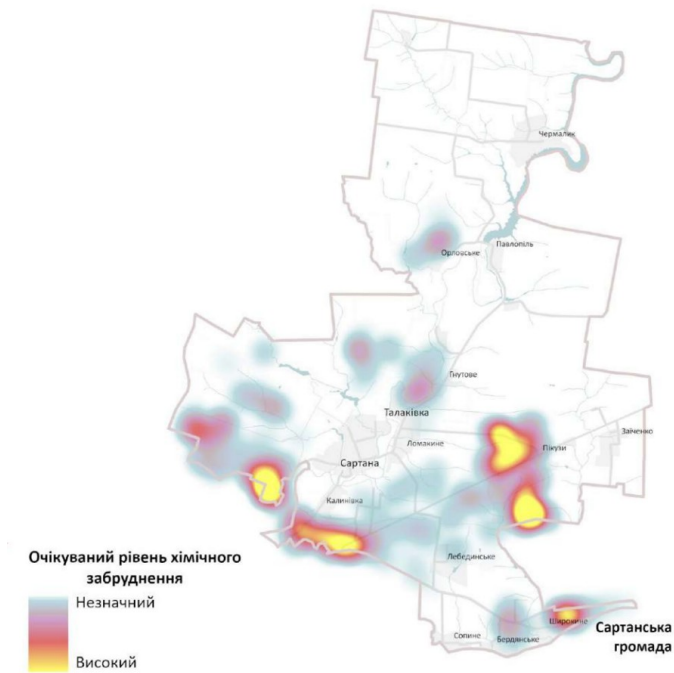


Рис.3.7. Очікуваний рівень забрудненості

Підвищений вміст міді (50 мг/кг) зафіксовано у всіх зразках ґрунту. Ці показники перевищують фонові та ГДК у 1,8 та 1,5 рази відповідно. Вміст цинку (215 мг/кг) перевищував ГДК у 4,3 та 3,9 рази. Вміст свинцю (63 мг/кг) перевищував ГДК у 4,7 та 1,9 рази, а вміст хрому (53 мг/кг) був у 1,2 рази

вище фону, але в межах ГДК. Вміст нікелю (50 мг/кг) у 3,3 рази перевищував фон і в 2,5 рази - ГДК.

Наявність поліелементного забруднення ґрунтового покриву була підтверджена громадою. За валовим вмістом металів у ґрунті основними забруднювачами є свинець і мідь. Концентрації важких металів у валовій формі перевищують фонові значення та ГДК у 1,5-7,6 разів. Сучасні ґрунти характеризуються такими військово-технічними геохімічними асоціаціями важких металів:  $Mn > Zn > Pb > Cu > Cr > Ni > Cd$

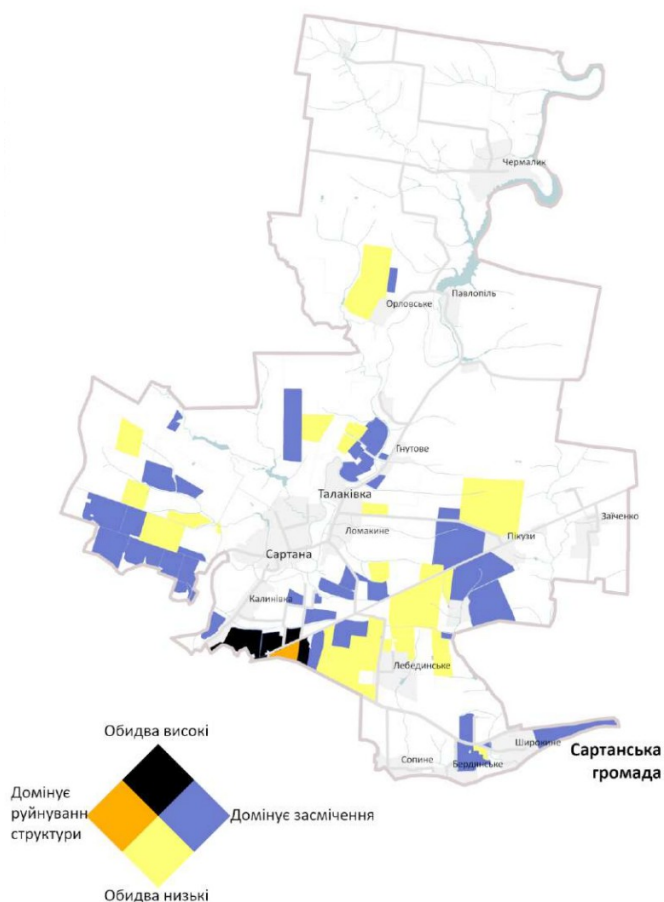


Рис. 3.8. Результати оцінки пошкодженості ґрунтів

П'ятий етап включає визначення комплексного рівня пошкодженості ґрунтів. Даний аналіз враховує комплекс впливів та наслідків у взаємозв'язку, дає можливість визначити подальшу зміну кумулятивної здатності ґрунтового покриву. (рис.3.8)

Рівень пошкодження ґрунтів та категорія придатності земель представлена на рис.3.9

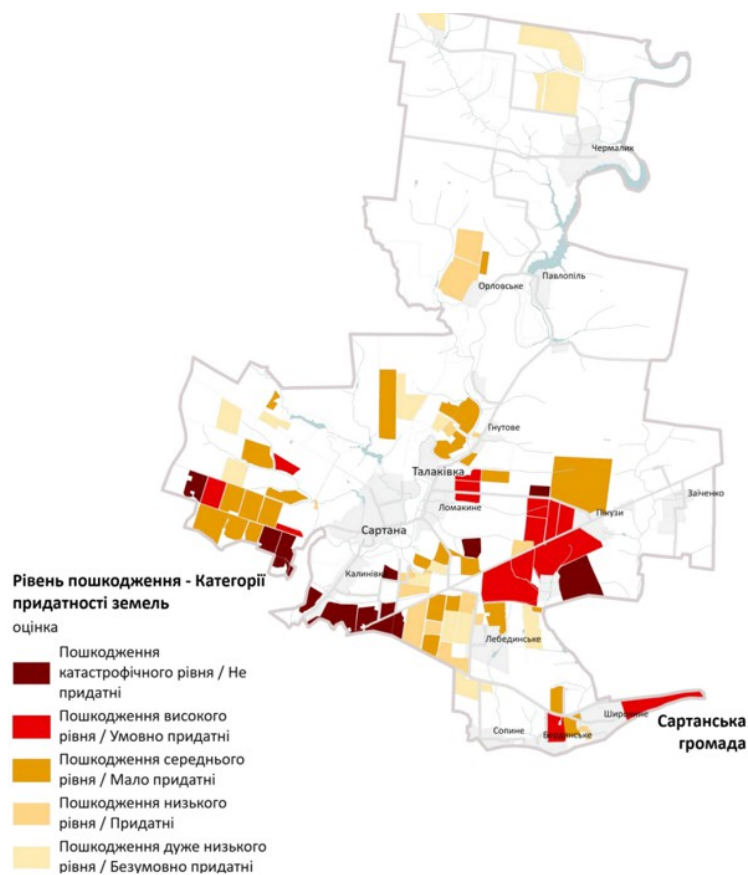


Рис.3.9. Рівень порушеності та категорії придатності земель

Сьомим та останнім кроком є визначення заходів покращення екологічного стану порушених земель, який визначається на основі характеристики пошкодження ґрунтів та локації (таблиця 3.2)

*Таблиця 3.2. Заходи щодо покращення екологічного стану ґрунтів Сартанської громади*

Характеристика впливу	Наслідки впливу військових дій	Зміни до яких призвели бойові дії	Заходи щодо покращення екологічного стану ґрунтів
Механічний вплив	Засмічення поверхні ґрунту залишками техніки, захисних споруд та ін.	Унеможливленн я обробітку землі;	Прибирання території
	Забруднення поверхні ґрунту осколками, гільзами, нерозірваними	Унеможливленн я обробітку землі; Забруднення токсичними	Прибирання території

	боєприпасами, мінами та ін.	ерчовинами;	
	Порушення грунтових горизонтів	Зміна рельєфу, просідання, переуцільнення	Фітосанація, Фітоекстракція, агротехнічна меліорація
Фізичний вплив	Вібраційне забруднення	просідання, переуцільнення	
	Теплове забруднення	Порушення термального режиму, перепалювання грунту, забруднення продуктами піролізу	
Хімічний вплив	Хімічне забруднення	Забруднення іонами важких металів, відходами техніки	Консервація

## Висновки

1. Війни, які велися по всьому світу у XX-XXI століттях, завдали надзвичайно тяжкої шкоди для навколишнього середовища, зокрема для ґрунтів. Наявність потужної військової техніки і застосування величезних обсягів боєприпасів призвели до пошкодження ґрунтів на значних площах. Негативні наслідки для ґрунтів пов'язані не лише із безпосередніми боями, а й з діями, спрямованими на знищення ресурсної бази противника.

2. Російсько – українська війна, зокрема після повномасштабного вторгнення Росії в Україну у лютому 2022 року, характеризується застосуванням всього можливого арсеналу систем озброєння, військової техніки та боєприпасів. Всі типи воєнно-техногенного навантаження спричиняють потужне забруднення та руйнування ґрунтового покриву. Для всіх видів боєприпасів, які застосовуються на війні (фугасні, осколково-фугасні, бронебійні, кумулятивні снаряди та міни), характерним є утворення ударної хвилі та продуктів вибуху, які розповсюджуються в середовищі.

3. Застосування бойової техніки призводить до високих ступенів забруднення території нафтопродуктами, свинцем та ароматичними вуглеводнями. В ході перманентної бойової діяльності в ґрунтах накопичують свинець, кадмій, оксид вуглецю, нафтопродукти.

4. У ґрунті відбувається первинне накопичення забруднювачів із подальшим перерозподілом як у самому ґрунті, так і переходом у інші середовища – поверхневі і підземні води, рослинність, рух по трофічному ланцюгу ґрунт-рослина-людина.

5. Воєнно-техногенне навантаження виражається у механічному, фізичному та хімічному впливах на ґрунти, що зумовлює особливі, притаманні певним діям наслідки. Землі, пошкоджені внаслідок бойових дій, можуть бути відновлені із застосуванням цілого арсеналу технік. Щодо земель, забруднених хімічними речовинами, розроблені численні методи фізичної, хімічної та біологічної ремедіації (очищення).

## Список використаної літератури

1. Про земельну реформу: Постанова Верховної Ради УРСР від 18 грудня 1990 року № 563-ХІІ. Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР). 1991. № 10. Ст. 100. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/563-12>
2. Про угоди щодо відчуження земельної частки (паю): Закон України від 18 січня 2001 року № 2242-ІІІ. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2001. № 11. Ст. 55. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2242-14#Text>
3. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо умов обігу земель сільськогосподарського призначення: Закон України від 31 березня 2020 року № 552-ІХ. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2020. № 20. Ст.142.
4. Мартин А. Земельна реформа – це далеко не один лиш обіг сільськогосподарських земель. Голос України. 2020. 12 черв. № 94. URL: <http://www.golos.com.ua/article/331844>.
5. Деякі питання ведення та функціонування Державного земельного кадастру в умовах воєнного стану: Постанова Кабінету Міністрів України від 7 травня 2022 року № 564. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/564-2022-%D0%BF#Text>
6. Деякі питання регулювання земельних відносин: Постанова Кабінету Міністрів України від 10.05.2022 № 563. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/563-2022-п#Text>
7. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо створення умов для забезпечення продовольчої безпеки в умовах воєнного стану: Закон України від 24 березня 2022 року № 2145-ІХ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-20#Text>
8. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо особливостей регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану:

Закон України від 12 травня 2022 року № 2247-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2247-20#Text>

9. Зигрій О., Ятчишина І., Чижовська Н. Особливості регулювання земельних відносин під час воєнного стану. Актуальні проблеми правознавства. 2023. Випуск 1 (33). С. 153-158.

10. Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії російської федерації: Постанова Кабінету Міністрів України від 20 березня 2022 року № 326. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-%D0%BF#Text>

11. Новели земельного законодавства в умовах воєнного стану: адвокат Дмитро Навроцький. 13.06.2023р. URL: <https://advokatpost.com/novely-zemelnoho-zakonodavstva-v-umovakh-voiennoho-stanu-advokat-dmytro-navrotskyj/>

12. Податковий кодекс України: Закон України від 04 жовтня 2018 року. № 2530-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 13, / № 13-14, № 15-16, № 17. ст. 112.

13. ЕкоЗагроза. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://ecozagroza.gov.ua>

14. Сак Т. В., Більо І. О., Ткачук Ю. Е. Еколого-економічні наслідки російськоукраїнської війни: Економіка та суспільство, 2022., №38.

15. Лесько Н. В. Земельний фонд України: сутність поняття та структура: Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія : Юридичні науки. 2015. № 824.174-178 с.

16. Деніфсов Н., Аверін Д. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. – К.: ВАІТЕ, 2017. 88 с.

17. Василюк О., Норенко К. Вплив військової діяльності на природу України: посібник - Видавництво «Компанія "Манускрипт"». Львів, 2019. 68 с.

18. Блага А.Б., Загородюк І.В., Короткий Т.Р., Мартиненко О.А., Медведєва М.О., Пархоменко В.В. На межі виживання: знищення довкілля

під час збройного конфлікту на сході України: Українська Гельсінська спілка з прав людини. – К.:Кит, 2017. 88 с.

19. Джура Н.М. Військові аспекти деградації біосфери: Polish journal of science, 2020. №28. 3-5 с.

20. Василюк О., Колодежна В. Якою повинна бути доля пошкоджених вибухів українських територій?: UWEC Work Group Journal, 2022. №2. 3-17 с.

21. Овчинніков О. Зелене відновлення України: UWEC Work Group Journal, 2022. №2. 35-43 с.

22. Бойченко Р.В., Михайлов А.М., Романенко В.А. Сучасний стан використання земельних ресурсів України: СНАУ, 2017.

23. Гунько Л.А., Мединська Н.В., Колганова І.Г. Територіальні ресурси України та їх місце у європейському та глобальному вимірах: Приазовський економічний вісник – 2017. – №4 – 67-73 с.

24. Боклаг В.А., Александрова Н.Б. Оптимізація структури земельного фонду в системі державного управління земельними ресурсами України: Держава та регіони - Серія: Державне управління, 2013.№2. 43-46 с.

25. Красюк Н.І. Земельні відносини в Україні як об'єкт адміністративноправового регулювання: Науковий вісник Національної академії внутрішніх справ, 2015. №1.180-188 с.

26. Стрішенець О. Стан та перспективи землекористування в Україні: порівняльний аналіз й інтенсифікуюча політика: Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки, 2015. №4. 8590 с.

27. Хилько М. І. Екологічна безпека України: Навчальний посібник – К., 2017. 267 с.

28. Сидорішина Ю.Г., Калінін І.В. Негативний вплив військових дій на стан нашої планети: Екологічні наслідки військових дій. Матеріали науково-практичної конференції, - Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова – Київ, 2018. 7-11 с.

29. Шпак А.В., Калінін І.В. Воєнний «екоцид» - варварський вплив на планету: Екологічні наслідки військових дій. Матеріали науково-практичної конференції, - Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова – Київ, 2018. 56-59 с.

30. Кардаш Д.М., Лазебна О.М. Наслідки впливу військових дій на навколишнє середовище: Екологічні наслідки військових дій. Матеріали науково-практичної конференції, - Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова – Київ, 2018. 79-81 с.

31. Личман В. Лазебна О.М. Вплив військових дій на природу та формування белігеративних ландшафтів: Екологічні наслідки військових дій. Матеріали науковопрактичної конференції, - Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова – Київ, 2018. 81-84 с.

32. Кустовський Є.О., Лазебна О.М. Трансформація рослинного покриву як наслідок військових дій: Екологічні наслідки військових дій. Матеріали науковопрактичної конференції, - Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова – Київ, 2018.– 85-87 с.

33. Данильченко А. І., Лапига І. В. Екологічні загрози військових дій на Донбасі: Екологічні наслідки військових дій. Матеріали науково-практичної конференції, - Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова – Київ, 2018. 88-91 с. 21.100 днів війни - ГО «Діксі Груп», 2022. 22 с.

34. Нагірняк Т. Б., Грабовський Р. С., Грицина М. Р. Екологоекономічні аспекти раціонального використання і охорони земельних ресурсів в Україні. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. 2017. №79. С. 111–116.

35. Щетина М.А. Сучасний стан використання земельних ресурсів в Україні та Черкаській області. Збірник наукових праць Вінницького національного університету. Серія «Економічні науки». Вінниця, 2011. Вип. 4(70). С. 200 - 203.

36. Економічні, екологічні та соціальні аспекти використання земельних ресурсів в Україні: колективна моногр. / за ред. д-ра екон. наук, професора, чл.-кор. НААН О.В. Ульянченка. Харк. нац. аграр. Ун-т. – Х: Смуґаста тип., 2015. 245 – 254 с.

37. Третьак А.М., Третьак В.М., Прядка Т.М., Трофименко П.І., Трофименко Н.В. Земельні ресурси та їх використання: навч. пос. [за заг. ред. А.М. Третьака]. – Біла Церква: «ТОВ «Білоцерківдрук», 2022. 304 с.

38. Сергієнко С.С. Земельні ресурси: поняття, суть, значення: Причорноморські економічні студії. Економіка та управління підприємствами, 2019. №37. 121-125 с.

39. Екологічні наслідки війни. Пів року болю України – 2022. – URL: <https://eco.rayon.in.ua/blogs/536709-ekologichni-naslidki-viyuni-pivroku-bolyu-ukraini>

40. Про затвердження Методики визначення розміру шкоди завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану: наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 04.04.2022 р. №167.

41. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів – URL: <https://mepр.gov.ua/> 30.Воєнні дії на сході України — цивілізаційні виклики людству. / Львів: ЕПЛ, 2015. 136 с.

42. Норенко К. Наслідки розривів снарядів на сході України: понівечена отруєна земля: Екологія. Право. Людина.,2015. № 23–24 (63– 64).

43. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України – 2022 - URL: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html>

44. .Блекот О.М., Марущенко В.В.Основи екологічної безпеки військ : підручник; за ред. С. Р. Артем'єва. – Харків : Підручник НТУ «ХПІ» - 2012. – 308 с.

45. Кучер В.О., Євхутич І.М., Парасюк В.М. Забезпечення екологічної безпеки на території окупованого Донбасу: Юридичний науковий електронний журнал, 2021. №9. 115-118 с.

46. Личенко І.О. Проблеми екологічної безпеки тимчасово окупованих територій Донецької та Луганської областей та організаційно-правові засади їхнього вирішення: Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Юридичні науки, 2016. № 845. 279–284 с.

47. Стойко С.М., Койнова І.Б. Сучасні види антропогенного впливу на життєве середовище: Український географічний журнал, 2012. №1.50-57 с.

48. Петрухін С.Ю., Пісня Л.А., Чеботарьова О.В., Кірієнко М.М. Екологія військової діяльності в аспектах впливу на АПК України: Інженерія природокористування, 2015. №2(4). 106 – 118 с.

49. Курепін В. М. Воєнні конфлікти, як глобальні екологічні проблеми суспільства: Педагогічні інновації : матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції - Миколаїв : МНАУ, 2021 р. 156-158 с.

50. Тарнавський А.Б., Хром'як У.В. Залучення підрозділів Державної служби з надзвичайних ситуацій до розмінування та рекультивация територій, порушених внаслідок воєнних дій на сході: Науковий вісник НЛТУ України, 2015. №25.9.190196 с.

51. Глушук В.Р., Трус І.М. Забруднення ґрунтів внаслідок війни: Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції – Дніпро : ДДАЕУ – 2022 – 168-171 с.

52. Дідовець Ю.Ю., Колосков В.Ю., Колоскова Г.М. Аналіз компонентів забруднення ґрунтів під час вибухів: Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях: матеріали Міжнародної науковопрактичної конференції – Дніпро : ДДАЕУ, 2022. 179-181 с.

53. 42.Купінець Л.Є. Економіко-екологічні збитки від псування земель сільськогосподарського призначення в регіонах активних військових дій: Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на

рекультивованих землях: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції – Дніпро : ДДАЕУ, 2022. 187-190 с.

54. Чуйко Д.В. Екологічні наслідки бойових дій для сільського господарства та навколишнього середовища України: Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях: матеріали Міжнародної науковопрактичної конференції – Дніпро : ДДАЕУ, 2022. 202-205 с.

55. Куліш І.М. Війна і сільськогосподарське виробництво: світовий досвід: Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях: матеріали Міжнародної науковопрактичної конференції – Дніпро : ДДАЕУ, 2022. 185-197 с.

56. Гоцій Н.Д., Кендзьора Н.З., Шуплат Т.І. Воєнний екоцид та вплив російської військової агресії на довкілля: Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях: матеріали Міжнародної науковопрактичної конференції – Дніпро : ДДАЕУ, 2022. 171-175 с.

57. Сайт Державної екологічної інспекції Сумської області – URL: <https://www.sumy.dei.gov.ua/>

58. Хром'як У.В., Тарнавський А.Б. Особливості впливу воєнних дій на навколишнє середовище східної України: ЛДУ БЖД – 2015.

59. Требін М. Війни в історії людства та їхні наслідки: уроки для України: Вісник Львівського університету. Серія філос.- політолог. Студії , 2015. №6.89 – 99 с.

60. Методика визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану. Електронний ресурс. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text>