

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о зав. кафедри екології

доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« ____ » _____ 2023р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
освітній ступінь «Бакалавр»

на тему: «Вплив бойових дій на стан ґрунтів в областях України, що постраждали
від повномасштабного вторгнення»

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу
групи Е-1-19

спеціальність 101 «Екологія»

освітньо-професійна програма «Екологія»

_____ Артем ДЕМЧЕНКО

Керівник _____ к.б.н., доц. Таміла АНАНЬЄВА

Рецензент _____ д.б.н., проф. Олег ШУГУРОВ

Консультант

з охорони праці _____ ст.викл. Тетяна АРТЮШЕНКО

Дніпро - 2023рік

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о.зав. кафедри екології

к.с.-г.н. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

«____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»
здобувачу вищої освіти
Демченку Артему Віталійовичу

1. Тема проекту (роботи) «Вплив бойових дій на стан ґрунтів в областях України, що постраждали від повномасштабного вторгнення»
керівник роботи: Ананьєва Т. В., к.б.н., доцент

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

затверджена наказом по ДДАЕУ від «11» травня 2023 р. № 850.

2. Термін здачі здобувачем вищої освіти закінченого проекту (роботи): «16» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) види ґрунтів в Україні, зброя, що використовується у бойових діях в Україні; вплив хімічних компонентів зброї на довкілля

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):
Вступ. 1 Огляд літератури; 2 Опис Донецького району дослідження; 3 Матеріали і методи дослідження; 4 Експериментальні дослідження; 5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Рисунків – 5

Таблиць – 3

Використаної літератури – 29

Розділів – 5

Сторінок – 57

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання прийняв
5	ст.викл. Артюшенко Т.О.		

7. Дата видачі завдання: « » травня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН РОБОТИ

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ.	11.05.20– 13.05.20	виконано
2.	Огляд літератури.	14.05.20– 16.05.20	виконано
3.	Опис Донецького району дослідження	17.05.20– 19.05.20	виконано
4.	Матеріали і методи досліджень.	20.05.20– 22.05.20	виконано
5.	Експериментальні дослідження.	23.05.20– 01.06.20.	виконано
6.	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	02.06.20– 05.06.20	виконано
7.	Висновки	06.06.20– 10.06.20	виконано
8.	Список літератури	11.06.20– 12.06.20	виконано
9.	Оформлення роботи	13.06.20– 15.06.20	виконано

Здобувач вищої освіти

_____ А.В.Демченко
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Т.В.Ананьєва
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з 5 розділів, в яких розкрита проблема, містить 57 сторінок тексту, 3 таблиці, 5 рисунків, 29 літературних джерел.

Об'єкт досліджень: екологічні наслідки воєнно-техногенного навантаження на ґрунти в Донецькому регіоні.

Предмет досліджень: механічний, фізичний та хімічний вплив воєнних дій на ґрунтовий покрив.

Мета роботи – вивчення типів ґрунтів у Бахмуті та їх взаємодії з хімічними речовинами, виявлення проблем забруднення ґрунтів внаслідок бойових дій; розробка комплексних рішень для їх подолання.

Завдання дослідження:

1. Зібрати відомості про геологічну структуру Бахмута та характеристики його ґрунтів.
2. Вивчити види хімічних речовин, які широко використовуються в ході бойових дій в Бахмуті та можуть мати негативний вплив на ґрунти.
3. Розробити комплексні рішення для зменшення забруднення ґрунтів, включаючи методи очищення, контроль над використанням хімічних речовин та ефективне управління відходами.

В результаті проведених досліджень було виявлено, що воєнні дії призводять до механічних, фізичних та хімічних впливів на ґрунтовий покрив, що призводить до руйнування структури та функцій ґрунтової екосистеми і погіршення фізико-геохімічних характеристик. Руйнування рослинності, пошкодження ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження та опустелювання є поширеними наслідками воєнно-техногенного навантаження.

Було виявлено, що частинки, викинуті в результаті артилерійських ударів, містять високі концентрації свинцю (Pb) і міді (Cu). Вибухові гранати також є значним джерелом високих рівнів свинцю (Pb). На території, яка була під впливом війни, спостерігається підвищений рівень забруднення ґрунтів важкими металами.

Сумарний показник забруднення (Z_c) в цих зонах коливається від 32 до 128, що вказує на небезпечний рівень забруднення.

Один з найбільш серйозних наслідків військових дій на ґрунт України – довгострокове зниження родючості ґрунту та затримка процесів його відновлення. Забруднення хімічними речовинами, втрата гумусу, ерозія ґрунтів та зруйнування кореневих систем рослин призводять до зменшення плодючості ґрунту на значній площі. Загальна ситуація вказує на складні еколого-геохімічні умови ґрунтового покриву на ландшафтах Донбасу через значні зміни природно-техногенних факторів під впливом війни. Це призводить до підвищення рівня фонових характеристик ґрунтів, змінюються закономірності у хімічному складі ґрунту, а також посилюються коливання концентрацій токсичних елементів та їх сполук.

Методи дослідження: методи аналізу та узагальнення інформації, метод прогнозування, метод геоінформаційних технологій (ГІС), лабораторний аналіз фізико-хімічного стану ґрунтів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1 Види ґрунтів в Україні.....	8
1.2 Зброя, що використовується у бойових діях в Україні.....	9
1.2.1 Огляд типів зброї, що застосовується.....	9
1.3 Вплив хімічних компонентів зброї на довкілля України.....	10
2. ОПИС ДОНЕЦЬКОГО РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	15
2.1 Види та площа ґрунтів у Бахмуті.....	15
2.2 Атаки на Бахмут: кількість атак та їхній вплив на навколишнє середовище.....	16
2.3 Види та площа ґрунтів у Донецькій області.....	20
3. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	22
3.1 Фізичний вплив та його наслідки для ґрунтів.....	25
3.2 Хімічний вплив та його наслідки для ґрунтів.....	26
3.3 Воєнно-техногенний вплив на ґрунти та наслідки для здоров'я людей.....	29
4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	33
4.1 Статистика випущених ракет по Бахмуту і відсоток нанесеної шкоди.....	33
4.2 Екологічні наслідки у Бахмуті.....	38
4.3 Приклади оцінювання пошкоджених земель в районі Донбасу.....	40
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	45
5.1 Спеціалісти та робочі для розмінування.....	45
5.2 Заходи безпеки при розмінуванні.....	46
5.3 Спеціалісти та робочі для рекультивації.....	47
5.4 Заходи безпеки при рекультивації.....	50
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
ДОДАТОК.....	57

ВСТУП

Актуальність теми можна вважати високою, особливо в контексті війни на сході України, що триває з 2014 року. Розгортання бойових дій, використання важкого озброєння та артилерії, вибухи, пожежі та інші військові дії мають значний вплив на ґрунти в цьому регіоні. Вивчення впливу бойових дій на українські ґрунти є важливим з практичного та наукового погляду. Результати такого дослідження можуть допомогти у розробці стратегій відновлення ґрунтів, захисту навколишнього середовища та забезпечення сталого розвитку регіону. Також це може бути корисним для планування майбутніх заходів з екологічного відновлення та конфліктології.

Об'єкт досліджень: екологічні наслідки воєнно-техногенного навантаження на ґрунти в Донецькому регіоні.

Предмет досліджень: механічний, фізичний та хімічний вплив воєнних дій на ґрунтовий покрив.

Мета дослідження:

Основною метою дослідження є вивчення ґрунтів у Бахмуті та їх взаємодії з хімічними речовинами, а також виявлення проблем забруднення ґрунтів внаслідок бойових дій; розробка комплексних рішень для їх подолання.

Завдання дослідження:

1. Зібрати відомості про геологічну структуру Бахмута та характеристики його ґрунтів.
2. Вивчити види хімічних речовин, які широко використовуються в Бахмуті та можуть мати негативний вплив на ґрунти.
3. Розробити комплексні рішення для зменшення забруднення ґрунтів, включаючи методи очищення, контроль над використанням хімічних речовин та ефективне управління відходами.

Методи дослідження: методи аналізу та узагальнення інформації, метод прогнозування, метод геоінформаційних технологій (ГІС), лабораторний аналіз фізико-хімічного стану ґрунтів.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Види ґрунтів в Україні

1) Чорноземи

Найпоширеніший тип ґрунтів в Україні. Це чорні, родючі ґрунти, багаті на органічні речовини. Чорноземи зустрічаються в центральній і південній частинах країни. Органічна речовина в чорноземах утворюється в результаті розпаду рослинного матеріалу, такого як трави та чагарники. Чорноземи добре дреновані і мають високу водоутримуючу здатність. Це робить їх ідеальними для вирощування таких культур, як пшениця, кукурудза та соняшник. Чорноземи також відносно стійкі до ерозії [16, с. 280].

2) Підзоли

Це є піщані ґрунти, які зустрічаються в північній і північно-західній частинах України. Підзоли бідні на органічну речовину і не такі родючі, як чорноземи. Нестача органічної речовини в опідзолених ґрунтах пояснюється кислим середовищем цих ґрунтів. Кислотність підзолів спричинена вимиванням розчинних мінералів з верхнього шару ґрунту. Підзоли також більш схильні до ерозії, ніж чорноземи [16, с. 276].

3) Каштанові ґрунти

Зустрічаються в південній частині України. Вони мають коричневий колір і менш родючі, ніж чорноземи. Каштанові ґрунти формуються в умовах степового клімату, який характеризується спекотним, сухим літом і холодною зимою. Недостатня кількість опадів у степовому кліматі обмежує кількість органічних речовин, які можуть накопичуватися в ґрунті. Каштанові ґрунти також більш схильні до ерозії, ніж чорноземи.

Ґрунти України є цінним ресурсом для сільськогосподарського сектору країни. Родючі чорноземи особливо важливі для виробництва таких культур, як

пшениця, кукурудза та соняшник. Уряд України працює над захистом та збереженням ґрунтів країни, щоб забезпечити довгострокову стійкість її сільськогосподарського сектору [16, с. 282].

1.2 Зброя, що використовується у бойових діях в Україні

Існує багато видів зброї, які використовуються в бойових діях в Україні під час війни, що триває. Деякі з найпоширеніших видів зброї включають.

1.2.1 Огляд типів зброї, що застосовується

Конфлікт в Україні став свідком використання широкого спектру зброї як українськими збройними силами, так і Російською Федерацією. Розуміння типів зброї, що застосовується, має вирішальне значення для розуміння масштабу і характеру впливу на українську землю. Зброю, що використовується в цьому конфлікті, можна умовно поділити на чотири основні типи: артилерія, бронетехніка, стрілецька зброя та авіація.

- Артилерія
- Бронетехніка
- Стрілецька зброя
- Авіаційні засоби
- Безпілотні літальні апарати (БПЛА).
- Протитанкова зброя.
- Протикорабельні ракети.
- Кіберзброя. Використовується для порушення комунікацій і

комп'ютерних систем противника

1.3 Вплив хімічних компонентів зброї на довкілля України

Застосування різних видів зброї в конфлікті призвело до серйозних екологічних наслідків, включаючи значне порушення ґрунту, забруднення і зміну ландшафту. Розуміння специфічного впливу цієї зброї має важливе значення для оцінки довгострокових наслідків для української землі та розробки відповідних стратегій пом'якшення та відновлення.

1) Порушення та зміна ґрунтів

Використання важкої артилерії, бронетехніки та повітряних бомбардувань може спричинити порушення ґрунтового покриву через утворення кратерів, ущільнення та ерозію. Вибухи та удари, спричинені цією зброєю, призводять до порушення структури ґрунту, зміни його фізичних властивостей і потенційно впливають на здатність ґрунту утримувати воду, кругообіг поживних речовин і проникнення коренів. Щодо екологічного впливу: забруднення ґрунту може мати ширші екологічні наслідки. Воно може впливати на ґрунтові мікроорганізми, порушувати кругообіг поживних речовин і змінювати хімічний баланс ґрунту. Це може мати непрямий вплив на ріст рослин, склад рослинності та загальний стан екосистеми.

2) Забруднення ґрунту небезпечними речовинами

Детонація осколково-фугасних і бронебійних снарядів може призвести до вивільнення небезпечних речовин у навколишнє середовище, включаючи важкі метали, пальне і хімічні агенти. Ці забруднювачі можуть зберігатися в ґрунті, створюючи ризики для здоров'я людей, рослинності та екосистеми в цілому. Крім того, витік паливно-мастильних матеріалів з пошкодженої бронетехніки може призвести до потрапляння вуглеводнів у ґрунт, що ще більше посилює забруднення. Вибухові хімічні речовини, що використовуються в боєприпасах, такі як тротил, гексоген або гексоген, можуть забруднювати ґрунт, якщо вони вивільнюються під час бойових дій. Ступінь забруднення залежить від таких

факторів, як кількість вибухів, глибина детонації і близькість до сільськогосподарських угідь. Забруднений ґрунт може становити ризик для росту рослин і родючості ґрунту.

Забруднення води є не менш небезпечним становищем. Хімічні речовини, що вивільняються зі зброї, можуть проникати в ґрунт і потенційно забруднювати ґрунтові води або прилеглі водойми, особливо якщо конфлікт відбувається на територіях поблизу річок, озер або інших джерел води. Це забруднення може вплинути як на водні екосистеми, так і на водопостачання людей.

3) Ерозія та деградація ґрунтів

Сукупний вплив військових дій, таких як важкі артилерійські обстріли та рух транспортних засобів, може прискорити процеси ерозії ґрунту. Зсув верхнього шару ґрунту, ущільнення і знищення рослинного покриву сприяють збільшенню поверхневого стоку, зменшенню інфільтрації води і підвищенню вразливості до ерозії. Деградація ґрунтів може ще більше погіршити продуктивність сільського господарства та довгострокову стабільність екосистем.

Шкоду від хімічного забруднення ґрунтів як для людей, так і для живих істот пояснив керівник ГО "Українська природоохоронна група (UNCG)" Олексій Василюк. Він зазначив, що під час вибухів у ґрунті, окрім важких металів, лишається багато сірки. Частина цього хімічного елемента, яка є компонентом значної частини боєприпасів, у вигляді порошку залишається у воронках і навколо, а в контакті з опадами перетворюється на сірчану кислоту.[12]

4) Забруднення води.

Хімічні речовини, що вивільняються зі зброї, можуть проникати в ґрунт і потенційно забруднювати ґрунтові води або прилеглі водойми, особливо якщо конфлікт відбувається на територіях поблизу річок, озер або інших джерел води. Це забруднення може вплинути як на водні екосистеми, так і на водопостачання людей.

5) Екологічний вплив.

Забруднення ґрунту може мати ширші екологічні наслідки. Воно може впливати на ґрунтові мікроорганізми, порушувати кругообіг поживних речовин і змінювати хімічний баланс ґрунту. Це може мати непрямий вплив на ріст рослин, склад рослинності та загальний стан екосистеми.

б) Занепокоєння щодо здоров'я людини

Якщо забруднені ґрунти присутні на територіях, де ведеться сільське господарство або проживають люди, можуть існувати потенційні ризики для здоров'я людей. Хімічні речовини можуть потрапляти в харчовий ланцюг через сільськогосподарські культури або худобу, що призводить до потенційного впливу та пов'язаних з цим наслідків для здоров'я, якщо не вжити належних заходів обережності.

Шкоду від хімічного забруднення ґрунтів як для людей, так і для живих істот пояснив керівник ГО "Українська природоохоронна група (UNCG)" Олексій Василюк. Він зазначив, що під час вибухів у ґрунті, окрім важких металів, лишається багато сірки. Частина цього хімічного елемента, яка є компонентом значної частини боєприпасів, у вигляді порошку залишається у воронках і навколо, а в контакті з опадами перетворюється на сірчану кислоту.

Детальніше вплив хімікатів на українські ґрунти можна представити у таблиці 1.

Таблиця 1. – Вплив хімічних речовин військової зброї на ґрунти України

Вид зброї	Компоненти	Вплив на ґрунт	Кількість речовини на 1000 штук
1	2	3	4
Артилерійський снаряд	Чадний газ, вуглекислий газ, водяна пара, бурий газ, закис азоту, діоксид азоту, формальдегід, пари ціанистої кислоти, азот	В атмосфері оксиди сірки та азоту можуть спричинити кислотні дощі, які змінюють рН ґрунту та викликають опіки рослин, до яких особливо чутливі хвойні. Кислотні дощі мають негативний вплив і на організм людини, інших ссавців та птахів, впливаючи на стан слизових тканин та органів дихання.	Сірка- 15000 кг [17] Формальдегід - 453.5 кг [20] Азот - 31000 кг [21]

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4
Уламки боєприпасів	Чавун із домішками, залізо та вуглець, сірку та мідь.	Ці речовини потрапляють до ґрунту і можуть мігрувати до ґрунтових вод і в результаті потрапляти до харчових ланцюгів, впливаючи і на тварин, і на людей.	Сірка- 150 кг[17] Залізо- 110 г[21] Мідь- 50 г[21]
Бронетехніка, танки	бензин, дизельне паливо, газ	Погіршується водний, повітряний режими та колообіг поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель.	Паливо- 3785 л[19]
Боєприпаси	Свинець, тротил, Ртуть, миш'як	Тротил погано впливає на розмноження, ріст і розвиток морських тварин. Ртуть є важким металом, контакт із яким спричиняє пошкодження нервових клітин	Свинець- 9.720 г[18] Ртуть- 5 мг[21]

2. ОПИС ДОНЕЦЬКОГО РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Види та площа ґрунтів у Бахмуті

Ґрунти Бахмута – це суміш чорноземів, каштаноземів і солонець. Чорноземи - це темні ґрунти, багаті на органічні речовини. Каштаноземи - коричневі ґрунти, також багаті на органічні речовини. Солонці - сірі ґрунти з високим вмістом солей.

Площа ґрунтів у Бахмуті становить близько 100 квадратних кілометрів. Ґрунти в Бахмуті використовуються для різних цілей, включаючи сільське господарство, лісове господарство та рекреацію.

Нижче наведена більш детальна інформація про ґрунти, що зустрічаються в Бахмуті:

Чорноземи: Чорноземи є найбільш родючими ґрунтами в Бахмуті. Вони мають темний колір, оскільки багаті на органічну речовину. Органічна речовина складається з відмерлих рослин і тварин. Чорноземи формуються в районах з тривалим вегетаційним періодом і великою кількістю опадів. Вони добре дреновані і мають хорошу структуру. Чорноземи ідеально підходять для вирощування таких культур, як пшениця, кукурудза та соя.

Каштаноземи: Каштаноземи також є родючими ґрунтами. Вони мають коричневий колір, оскільки вони менш багаті на органічні речовини, ніж чорноземи. Каштаноземи формуються в районах з коротшим вегетаційним періодом і меншою кількістю опадів, ніж чорноземи. Вони добре дреновані і мають хорошу структуру. Вони ідеально підходять для вирощування таких культур, як пшениця, кукурудза та соя.

Солонець: Солонці не такі родючі, як чорноземи або каштаноземи. Вони мають сірий колір через високий вміст солі. Солонець формується в районах з високим рівнем ґрунтових вод. Вони погано дреновані і мають погану структуру. Солонці не є ідеальними для вирощування сільськогосподарських культур. Однак їх можна використовувати для випасу худоби.

Ґрунти в Бахмуті є цінним ресурсом. Вони є основою для економіки міста та підтримують різноманітний рослинний і тваринний світ. Ґрунти Бахмута також важливі для водопостачання міста. Ґрунти допомагають фільтрувати дощову воду та запобігають забрудненню.

2.2 Атаки на Бахмут: кількість атак та їхній вплив на навколишнє середовище

Точну кількість обстрілів Бахмута важко визначити, оскільки ситуація нестабільна і постійно змінюється. Однак, за даними українського уряду, з початку війни відбулося понад 1000 обстрілів міста. Ці атаки завдали значної шкоди інфраструктурі та цивільним будівлям і призвели до загибелі сотень людей.

Атаки на Бахмут є частиною ширшого російського наступу на сході України. Росія намагається захопити місто в рамках своєї мети - контролювати весь регіон Донбасу. Донбас є стратегічно важливим регіоном як для Росії, так і для України. Тут знаходиться велика кількість вугільних шахт і металургійних заводів, а також великий транспортний вузол.

За даними Міністерства оборони України, з початку війни по Бахмуту було завдано понад 1000 ударів [14]. Ці обстріли завдали значної шкоди інфраструктурі міста та житловим кварталам. Водопостачання, каналізація та електромережа міста були пошкоджені, а багато будинків зруйновані або пошкоджені. Внаслідок ударів також загинули і були поранені сотні цивільних осіб.



Рисунок 1 – Панорама міста Бахмут під час обстрілів

Шкоду, завдану місцевому ґрунту, важко оцінити, але цілком ймовірно, що удари забруднили ґрунт важкими металами та іншими забруднювачами. Це може мати довгостроковий вплив на навколишнє середовище міста та його здатність підтримувати сільське господарство.

В свою чергу, важкі метали можуть завдати чорнозему різноманітної шкоди, зокрема:

- Зниження родючості: важкі метали можуть зв'язуватися з поживними речовинами в ґрунті, роблячи їх недоступними для рослин. Це може призвести до зниження врожайності та дефіциту поживних речовин у рослинах.
- Підвищена токсичність: Важкі метали можуть бути токсичними для рослин, тварин і людей. Вплив важких металів може спричинити

різноманітні проблеми зі здоров'ям, включаючи неврологічні ушкодження, рак та репродуктивні проблеми.

- Погіршення структури ґрунту: Важкі метали можуть перешкоджати утворенню ґрунтових агрегатів, що може призвести до ерозії та ущільнення ґрунту. Це може ускладнити ріст рослин і зменшити водоутримуючу здатність ґрунту.

- Підвищене забруднення: Важкі метали можуть вимиватися в підземні та поверхневі води, де вони можуть забруднювати питну воду та водні екосистеми.

У випадку з каштаноземами, то важкі метали можуть пошкоджувати каштаноземи різними способами, зокрема:

- Зменшення росту: Важкі метали можуть перешкоджати росту каштаноземів, роблячи їх меншими та менш здоровими.

- Зменшення розмноження: Важкі метали також можуть знижувати здатність рицини до розмноження, що призводить до скорочення популяції.

- Підвищена сприйнятливість до хвороб: Важкі метали можуть зробити рицину більш вразливою до хвороб, що підвищує ймовірність її загибелі.

- Зміни в метаболізмі: Важкі метали можуть втручатися в метаболізм рицини, що призводить до змін у її поведінці та фізіології.

- Вплив важких металів на каштанозем може варіюватися залежно від типу металу, кількості впливу та віку дерева. Однак загалом важкі метали можуть мати значний негативний вплив на здоров'я та виживання каштаносемесу.

Ось кілька конкретних прикладів того, як важкі метали можуть пошкодити каштаноземи:

Кадмій: Кадмій - важкий метал, який може пошкодити коріння кастаносемесу, ускладнюючи поглинання води та поживних речовин. Це може призвести до затримки росту та зменшення розмноження.

Свинець: Свинець - ще один важкий метал, який може пошкодити кастаносемес. Він може перешкоджати виробленню хлорофілу, який необхідний для фотосинтезу. Це може призвести до пожовтіння листя та зменшення росту.

Ртуть: Ртуть - важкий метал, який може пошкодити нервову систему кастаносемеса. Це може призвести до проблем з рухом, координацією та навчанням.

Пошкодження, спричинені важкими металами каштанозему, можуть мати хвильовий ефект для всієї екосистеми. Каштаноземи є важливою частиною лісової екосистеми, і їх занепад може призвести до скорочення популяцій інших організмів, які від них залежать. Наприклад, рицини є джерелом їжі для багатьох птахів та комах. Якщо кастаносемес занепаде, популяції цих тварин також скоротяться. Це може мати негативний вплив на загальний стан лісової екосистеми.

Критичним становищем також є те, що важкі метали можуть спричиняти різноманітні пошкодження солонцевих ґрунтів, у тому числі:

- Ущільнення ґрунту: Важкі метали можуть зв'язуватися з частинками ґрунту, роблячи його більш щільним і менш проникним. Це може зменшити кількість води і повітря, які можуть досягти коріння рослин, і ускладнити їхній ріст.
- Засоленість: Важкі метали також можуть підвищувати засоленість ґрунту, що також ускладнює ріст рослин.
- Токсичність: Важкі метали можуть бути токсичними для рослин, тварин і людей. Токсичність важких металів варіюється залежно від типу металу, його кількості та організму, який зазнає впливу.

Порушення балансу поживних речовин: Важкі метали також можуть перешкоджати поглинанню поживних речовин рослинами, що може призвести до дефіциту поживних речовин.

2.3 Види та площа ґрунтів у Донецькій області

Донецька область, розташована на сході України, має різноманітний ґрунтовий покрив, який включає різні види ґрунтів залежно від ландшафтних умов та природних факторів.

Одним з найпоширеніших видів ґрунтів у Донецькій області є чорноземи. Вони відрізняються високим вмістом органічної речовини, доброю родючістю та здатністю утримувати вологу. Чорноземи є основною основою для сільськогосподарського виробництва в області і мають велике значення для розведення зернових, овочевих та інших культур.

Каштанові ґрунти також поширені у Донецькій області, зокрема у гірських та лісових районах. Вони мають світло-коричневий колір та меншу родючість порівняно з чорноземами, але все ж забезпечують певну врожайність.[22]

Сірі ґрунти є ще одним типом ґрунтів у Донецькій області. Вони мають сіро-коричневий або сіро-бурий колір і формуються на глинистих або суглинистих відкладах. Ці ґрунти зустрічаються переважно у придолинних і прибережних районах.

Болотні ґрунти формуються у болотах, заплавах річок та озерних районах. Вони мають високий вміст органічної речовини, але низьку родючість через недостатні умови дренажу. Ці ґрунти є важливими для збереження водного балансу та біорізноманіття в області.

Піщані ґрунти також присутні у Донецькій області, зокрема на південному заході. Вони вологі та не дуже родючі, але добре дреновані. Ці ґрунти використовуються для вирощування деяких видів культур, таких як виноград та ягоди.

Крім основних видів ґрунтів, у Донецькій області також можна зустріти ґрунти інших типів, такі як глеєві ґрунти, буризики, солонці тощо. Різноманіття ґрунтів у цій області впливає на різноманіття рослинного та тваринного світу, а також на розвиток сільськогосподарського сектора та екологічну ситуацію в регіоні.

3. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Збройний конфлікт між Росією та Україною, що триває з 2014 року, масштабно пошкодив ґрунтове середовище та спричинив тривалу деградацію навколишнього середовища. Повномасштабна військова агресія, яка почалась 24 лютого 2022 року, ще більше загострила проблему деградації ґрунтів, а висока інтенсивність бойових дій на окремих ділянках ставить під сумнів безпечність використання земель, що безпосередньо постраждали від військового впливу.

Навіть на сьогоднішній день, коли війна продовжується, вже можна відзначити значний негативний вплив військових дій на здоров'я та продуктивність ґрунтів. Руйнування внаслідок авіабомбардувань та артилерійських обстрілів, мінування територій, руйнування важкої військової техніки, розлив нафтопродуктів, випалення пожежами, зсуви ґрунту — усе це свідчить про серйозний вплив на стійкість ґрунтів щодо забруднення. Порушення ґрунтів мають серйозні соціально-економічні наслідки як на місцевому, так і на національному рівні.

Необхідно негайно та комплексно дослідити раптові зміни ландшафтів та розробити політику щодо управління забрудненими війною землями.

Основним методом дослідження є використання геоінформаційних технологій (ГІС). Дослідження також базується на лабораторних аналізах фізико-хімічного стану ґрунтів на досліджуваних ділянках та аналізах, проведених у Чорнобильському біосферному заповіднику та зоні АТО/ООС до повномасштабного вторгнення.

Наслідки воєнних дій для ґрунтового середовища часто недооцінюються, коли порівнюються з втратами людських життів та зруйнованою інфраструктурою. Однак погіршення якісних характеристик ґрунту є тривалим і

суттєво знижує його продуктивність. Незалежно від цього, ґрунти можуть відновлювати свої функціональні властивості та збільшувати продуктивність з плином часу, залежно від типу ґрунту, виду воєнно-техногенного впливу та ландшафтних умов на території.

Оцінка воєнно-техногенного навантаження на ґрунти після військових дій здійснюється на основі рівнів інтенсивності бойових дій з урахуванням типів бойових забруднень. В Україні з 24 лютого 2022 року тривають повномасштабні бойові дії, що призводять до пошкодження ґрунтового покриву.

Ці пошкодження можна умовно розділити на дві групи:

- Первинні: прямі механічні пошкодження ґрунтового покриву, теплове забруднення та захаращення поверхні.
- Вторинні: спричинені наслідками невиконання заходів повоєнного відновлення, такі як підтоплення, засолення, ерозійні процеси, пірогенна деградація, дегуміфікація тощо.

Воєнні дії призводять до механічних, фізичних та хімічних впливів на ґрунтовий покрив, що призводить до руйнування структури та функцій ґрунтової екосистеми і погіршення фізико-геохімічних характеристик. Руйнування рослинності, пошкодження ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження та опустелювання є поширеними наслідками воєнно-техногенного навантаження. В результаті цього рівень біорізноманіття різко зменшується, що впливає на біологічні популяції та види, а втрата біорізноманіття посилює зміну структури та функцій ландшафтів.

Механічний вплив та його наслідки для ґрунтів полягають у механічній деформації ґрунтового покриву під час руху колісної та гусеничної військової

техніки, безпосереднього переміщення військ, будівництва споруд на поверхні та підземних споруд, бомбардування, розмінування територій та будівництва оборонної інфраструктури.

Основним механічним впливом на ґрунт є його ущільнення з пошкодженням гумусового шару, що має прямі негативні наслідки, такі як порушення водного балансу ґрунту та сприяння розвитку вітрової та водної ерозії. Руйнування структури ґрунту відбувається, коли частинки одного шару зсуваються відносно іншого через вплив воєнно-техногенного навантаження. Це ущільнення ґрунтів погіршує адаптацію рослин до змін клімату, посушливих умов та нестачі вологості. В той же час, ущільнений ґрунт стає більш стійким до подальших воєнно-техногенних впливів в умовах постійної нестачі вологості.

Деформація ґрунтового покриву є наслідком формування фортифікаційних споруд, які включають приповерхневі та підземні споруди, такі як бліндажі, окопи, траншеї, тунелі та сховища матеріалів. Це призводить до розвитку небезпечних геоморфологічних процесів, таких як зсуви, заболочування та осідання ґрунту. Тому при будівництві фортифікаційних споруд важливо враховувати глибину ґрунтових вод і режим зволоження ґрунту.

Під час воєнних дій формуються кратери внаслідок бомбардування. Вибухова дія спричиняє швидке вивільнення енергії, створюючи кругову ударну хвилю і воронку в місці удару. В результаті вибуху ґрунт видаляється, утворюючи котлован. Цей процес, відомий як "бомбтурбація", призводить до руйнування послідовності ґрунтових горизонтів та порушення повітряно-водного режиму. Бомбтурбація також створює осередки накопичення води та органічної речовини, що сприяють розвитку гідрофільної рослинності. Коли кратери утворюються в областях з близьким до поверхні рівнем ґрунтових вод, це може сповільнити розвиток ґрунту та рослин.

Під час розмінування територій пошкоджується гумусовий горизонт, втрачаються фізико-хімічні властивості ґрунту, і відбуваються зміни в його гранулометричному та агрегатному стані. Це має вплив на потенційну родючість та водоутримувальну здатність ґрунту. Детонація мін забруднює ґрунт металевими фрагментами та залишками вибухових речовин. Очищення від наземних мін є складним і дорогим процесом, особливо в країнах, що розвиваються, і може призвести до значних втрат ґрунтових ресурсів.

Виникнення пожеж під час бойових дій є наслідком воєнно-техногенного навантаження і може спричинити подальшу водну та вітрову ерозію. Звичайно, на вигорілих ділянках спостерігається винесення гумусових речовин і утворення гідрофобного шару, який перешкоджає проникненню води.

3.1 Фізичний вплив та його наслідки для ґрунтів

Під фізичним впливом розуміється зміна фізичних характеристик ґрунтового покриву, спричинена застосуванням зброї та військової техніки. Цей процес має серйозні наслідки для ґрунту. Основні форми фізичного забруднення ґрунтів включають:

Вібраційний вплив: Це коливання, які передаються через тверді об'єкти, що прямо контактують з механізмами воєнної техніки. Вібрації виникають під час бойових дій, що супроводжуються вибухами боєприпасів та роботою військової техніки. Ці коливання можуть призводити до ущільнення ґрунту, виштовхування води, осідання поверхні, утворення порожнин та змін мікрорельєфу.

Радіоактивний вплив: Це збільшення вмісту радіоактивних речовин у ґрунті через використання боєприпасів зі збідненим ураном та джерел іонізуючого

випромінювання. В Україні використання цього типу зброї на даний момент не реєструється.

Тепловий вплив: Це місцеве підвищення температури внаслідок викидів нагрітого повітря, газів, продуктів згорання та вихлопних газів. Тепловий вплив негативно впливає на ґрунтовий покрив, порушуючи термічний та водний режим, а також змінюючи гранулометричний та агрегатний склад ґрунту. Зміни в термічному режимі ґрунту можуть впливати на життєдіяльність ґрунтових організмів, знижуючи рівень кисню та призводячи до зменшення біорізноманіття.

Важливо зазначити, що фізичний вплив на ґрунти має довгострокові наслідки, які можуть впливати на їх родючість, структуру та екологічну стійкість. Збройні конфлікти та військові дії створюють значні виклики для відновлення та охорони ґрунтових ресурсів у країнах, особливо в розвиваються, і вимагають складних та коштовних процесів очищення від наземних мін та відновлення пошкоджених ділянок.

3.2 Хімічний вплив та його наслідки для ґрунтів

Хімічний вплив під час воєнних дій викликає зміни в природних параметрах ґрунтового покриву через використання забруднюючих речовин, що утворюються під час застосування військової техніки та зброї. Тривала військова діяльність призводить до формування місцевих геохімічних аномалій з різним спектром токсичних речовин, які можуть призвести до довготривалого обмеження використання земель.

До хімічного забруднення, пов'язаного з воєнно-техногенними діями, належать палива транспортних засобів, мастильні матеріали, розчинники, відходи гальванічного виробництва, залишки вибухових речовин, дезактиваційні

речовини, важкі метали та їх сполуки, а також радіоактивні речовини. Фізико-хімічними небезпечними речовинами є вибухонебезпечні матеріали.

Під час стрільби використовуються боєприпаси з різним складом пороху та вибухових речовин, внаслідок горіння яких утворюються речовини, такі як азот, сажа, вуглеводні, свинець, двоокис марганцю та інші похідні, які мають негативний вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище. Наприклад, під час вибуху одного 115 мм осколково-фугасного боєприпасу, зарядженого гексогеном, утворюється близько 4000 літрів газу, який містить продукти згоряння цієї вибухової речовини. До 30 % цих газів розсіюється в повітрі, а решта (важкі фракції та важкі метали) осідають на поверхні ґрунту.



Рисунок 2 - Нерозірвані боєприпаси приносять значні збитки ґрунтам

Вибухові речовини також впливають на викид металів у ґрунтове середовище. Було виявлено, що частинки, викинуті в результаті артилерійських

ударів, містять високі концентрації свинцю (Pb) і міді (Cu). Вибухові гранати також є значним джерелом високих рівнів свинцю (Pb).

Нерозірвані боеприпаси та наземні міни приносять значні збитки ґрунтам протягом тривалого періоду. Їх наявність створює загрозу викиду токсичних речовин в результаті корозії, а також високий ризик випадкової детонації. Забруднення ґрунту наземними мінами позбавляє місцеві спільноти доступу до землі та природних ресурсів.

Особливо значну роль у забрудненні ґрунтів відіграють важкі метали. Вивчення зон АТО/ООС протягом 2016-2020 років показало високий вміст таких металів, як свинець, мідь, миш'як, цинк, хром, кадмій, молібден, барій, калій, магній та вольфрам. Ці елементи є основними забрудниками воєнно-техногенного забруднення і служать ключовими індикаторами для прогнозування екологічного стану територій з забрудненими ґрунтами та прилеглих до них територій.

Місця розливу паливно-мастильних матеріалів характеризуються високою концентрацією нафтопродуктів. Часті розливи нафтопродуктів призводять до зміни хімічного складу ґрунту, порушуючи його здатність до самовідновлення, що призводить до зниження біологічної активності ґрунту.

Ґрунти, забруднені вуглеводнями, є джерелом токсичних газів і пилу, які можуть бути перенесені повітрям та негативно впливати на ґрунтове біорізноманіття. Речовини, такі як бензол, толуол, етилбензол і ксилол, виділяються зі свіжозабруднених ґрунтів і можуть мати хронічний вплив на здоров'я людей. Вуглеводні, потрапивши в ґрунт, можуть повністю або частково займати пори ґрунту, що перешкоджає потоку повітря та води. Це негативно впливає на дихання коренів рослин, ґрунтові мікроорганізми та забезпечення цих організмів вологою.

3.3 Воєнно-техногенний вплив на ґрунти та наслідки для здоров'я людей

Під час військових дій, разом із викидами органічних забруднювачів, ґрунти також забруднюються важкими металами.[23] Ці забруднювальні речовини, пов'язані з військовою діяльністю, можуть мати безпосередній вплив на оточуюче середовище та важливу роль у здоров'ї цивільного населення. Науково доведено, що такий вплив забруднювальних речовин, походять з воєнно-техногенного джерела, спричиняє негативні наслідки для здоров'я людей, зокрема серцево-судинні, метаболічні, неврологічні та онкологічні захворювання.[24]

Дослідження показують, що діти, які проживають на територіях бойових дій, є особливо уразливими до впливу воєнно-техногенного забруднення. Виявлено, що затримка росту та неврологічний розвиток у дітей можуть бути пов'язані з впливом важких металів, зокрема миш'яку, барію та молібдену, навіть ще до народження. Також спостерігається збільшення передчасних пологів та вроджених вад у новонароджених в районах, де є високий рівень забруднення барієм, миш'яком, кобальтом, кадмієм, хромом, ванадієм та ураном.[25] У дітей, які проживають у зонах з військовою активністю, також спостерігаються порушення неврологічного розвитку.[26]

Потрапляння забруднювальних речовин в організм людини є ризиковим фактором для розвитку різноманітних патологій та ускладнення перебігу хвороб. Багато мікроелементів, включаючи необхідні для життя організмів, у високих концентраціях є токсичними для людини. Виявлено, що навіть невеликі концентрації забруднювальних речовин можуть змінювати активність ферментів в

організмі людини, впливати на кровообіг та синтез білка, а також викликати зміни на генетичному рівні.

Після потрапляння в ґрунт, вибухові сполуки та важкі метали піддаються впливу різних природних процесів, які регулюються фізико-хімічними та біологічними факторами ґрунтового середовища. Рухливість забруднювальних речовин у ґрунті залежить від його гранулометричного складу, мінералогічного складу, вмісту гумусу, окисно-відновних та кислотно-лужних умов, а також наявності геохімічних бар'єрів.

Також важливо враховувати часовий аспект впливу забруднювальних речовин. Розчинні органічні речовини та кислотне середовище ґрунту можуть прискорити міграцію забруднювачів.

Отже, воєнно-техногенний вплив на ґрунти та його наслідки для здоров'я людей є важливою проблемою, оскільки забруднювальні речовини можуть мати довготривалий негативний вплив на довкілля та здоров'я людей.

Забруднювачі переміщуються у ґрунт як горизонтально, так і вертикально. Горизонтальна міграція забруднювачів стає помітною відразу після бомбардувань і передусім відбувається повітряним перенесенням. Зі свого боку, вертикальна міграція пов'язана з різними факторами, такими як дифузія іонів, перенесення з потоком вологи, перенесення кореневими системами рослин, діяльність ґрунтової мезофауни та господарська діяльність людини.

Вплив водного режиму є найбільшим на інтенсивність міграції забруднювачів у ґрунтовому профілі. Здатність ґрунтів та підземних вод затримувати важкі метали через вибіркоче поглинання (адсорбцію) залежить від площі поверхні, що реагує з металом. Інтенсивність фіксації важких металів також залежить від складу ґрунотвірної породи, вмісту глини й органічних

речовин, вологості, швидкості газового обміну з атмосферою, мікробіологічної активності та інших факторів.

Наявність рослинного покриву на територіях, що піддаються воєнно-техногенному впливу, також впливає на рухливість вибухових речовин та важких металів. Рослини здатні зменшувати їх міграцію до підземних вод. Часто для цього використовують багаторічні трави, такі як міскантус, а також деревні види, наприклад верби (*Salix sp.*) і тополі (*Populus sp.*).

Декілька факторів впливають на надходження важких металів у рослини з ґрунту, такі як особливості видів рослин, тип ґрунту, концентрація та форма елементів-забруднювачів, рН ґрунту, гранулометричний склад, вміст органічних речовин, ємність поглинання катіонів у ґрунті та наявність джерел техногенного забруднення.

У рослин також є захисні механізми щодо поглинання забруднювачів, і вони мають системи контролю над надходженням іонів. Зазвичай вони накопичуються в коренях та репродуктивних органах рослин, таких як насіння та плоди. Вивчення міграції елементів-забруднювачів у рослини показало, що на початкових етапах їх надходження з ґрунту більша частина затримується в коренях (схема 2). Однак захисні механізми кореневої системи не завжди можуть повністю захистити вегетативну масу рослин від забруднення при інтенсивному надходженні токсичних іонів з ґрунту, і елементи-забруднювачі можуть починати проникати в надземну частину рослин.

Хімічний склад рослин залежить від складу ґрунтів, на яких вони ростуть, але не повністю його повторює, оскільки вони вибірково поглинають необхідні елементи залежно від фізіологічних і біохімічних потреб. Механізми стійкості рослин до надлишкового надходження важких металів різноманітні: деякі рослини здатні накопичувати високі концентрації металів і проявляти до них

толерантність, тоді як інші зменшують кількість їх надходження, використовуючи бар'єрні властивості. Рівень накопичення важких металів рослинами залежить від їх генетичних та видових особливостей.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Статистика випущених ракет по Бахмуту і відсоток нанесеної шкоди

Важко сказати, скільки саме ракет було випущено по Бахмуту з початку війни, оскільки українські військові не оприлюднюють цю інформацію. Однак, за різними даними, кількість ракет, випущених в цій місцевості, обчислюється десятками тисяч.

Типи ракет, які були випущені по Бахмуту, включають:

1) Крилаті ракети: Крилаті ракети - це керовані ракети великої дальності, які можуть використовуватися для ураження цілей на відстані. Росія використовувала в Україні різні крилаті ракети, в тому числі Х-55, Х-101 і Х-102. Важко сказати, скільки саме крилатих ракет було випущено по Україні, оскільки їхня кількість постійно змінюється. Однак, за даними українського уряду, станом на 26 травня 2023 року Росія випустила по Україні понад 2 500 крилатих ракет. Це число включає як крилаті ракети повітряного, так і морського базування. Більшість цих ракет були випущені по військових цілях, таких як аеродроми, командні пункти і склади боєприпасів. Однак деякі з них також були випущені по цивільних цілях, таких як лікарні, школи і житлові будинки.

Використання крилатих ракет стало основним фактором руйнувань і смертей, спричинених війною в Україні. Ці ракети мають високу точність і можуть використовуватися для ураження цілей з великих відстаней. Це робить їх ідеальними для нападу на військові об'єкти, але це також означає, що вони можуть бути використані для безкарного нападу на цивільні об'єкти.

Використання крилатих ракет також стало основним джерелом суперечок. Багато країн засудили використання Росією цієї зброї, стверджуючи, що вона є невибірковою і призводить до непотрібних жертв серед цивільного населення.

Однак Росія захищає використання крилатих ракет, стверджуючи, що вони необхідні для досягнення її військових цілей. Використання крилатих ракет, ймовірно, і надалі залишатиметься головним фактором у війні в Україні. Ці ракети є потужною зброєю, яка може бути використана для ураження цілей з великою точністю. Однак їх використання також викликає серйозні занепокоєння щодо захисту цивільного населення.

2) Балістичні ракети: Балістичні ракети - це високошвидкісні ракети, які рухаються по балістичній траєкторії. Росія використовувала різні балістичні ракети в Україні, включаючи "Искандер", "Точка-У" і SS-21 "Скарабей".

Точна кількість балістичних ракет, випущених по Україні, невідома, але вона обчислюється тисячами. За даними українських військових, Росія випустила понад 1000 балістичних ракет по Україні з початку вторгнення в лютому 2022 року. За оцінками США, Росія випустила по Україні понад 2 000 балістичних ракет.

Найпоширеніший тип балістичних ракет, випущених по Україні, - це "Искандер", балістична ракета малої дальності з радіусом дії до 500 кілометрів. "Искандер" здатний нести різноманітні боеголовки, в тому числі звичайні та ядерні. Росія також випустила по Україні низку балістичних ракет більшої дальності, в тому числі "Точка-У" і "Сатана-2".

Застосування балістичних ракет в Україні призвело до масштабних пошкоджень і руйнувань. Ракети використовувалися для ураження об'єктів цивільної інфраструктури, в тому числі лікарень, шкіл і житлових будинків. Вони також використовувалися для ураження військових об'єктів, таких як аеродроми і командні пункти.

Використання балістичних ракет в Україні є порушенням міжнародного права. Женевські конвенції забороняють використання зброї невибіркової дії, такої як балістичні ракети, проти цивільного населення. Однак Росія демонструє нехтування міжнародним правом протягом усього вторгнення в Україну.

Використання балістичних ракет в Україні є серйозною ескалацією конфлікту. Це ознака того, що Росія готова використовувати більш руйнівну зброю для досягнення своїх цілей. Використання балістичних ракет також збільшує ризик ядерної війни. Якщо Росія застосує ядерні боєголовки в Україні, це стане серйозною ескалацією конфлікту і може призвести до більш широкої війни.

3) Артилерійські ракети: Артилерійські ракети - це некеровані ракети, які випускаються з артилерійських систем. Росія використовувала в Україні різноманітні артилерійські ракети, в тому числі "Смерч", "Ураган" і "Град". Точної кількості артилерійських снарядів, випущених по Україні, немає, але оцінки коливаються від десятків тисяч до сотень тисяч. Український уряд стверджує, що Росія випустила понад 70 000 артилерійських снарядів з початку війни, в той час як уряд США підрахував, що Росія випустила понад 100 000 артилерійських снарядів. Справжня цифра, швидше за все, знаходиться десь посередині.

Переважає більшість цих артилерійських снарядів була випущена з російських 122-мм і 152-мм артилерійських знарядь. Ця зброя здатна стріляти різноманітними боеприпасами, включаючи осколково-фугасні, касетні та термобаричні боеприпаси. Застосування артилерії в Україні призвело до масштабних руйнувань і жертв серед цивільного населення.

На додаток до російської артилерії, українські сили також обстрілювали російські позиції з артилерії. Однак кількість артилерійських снарядів, випущених Україною, значно менша за кількість, випущену Росією. Це пов'язано з низкою факторів, у тому числі з тим, що Україна має менше артилерійських установок, ніж Росія, а також з тим, що Україна стикається з дефіцитом боеприпасів.

Використання артилерії в Україні є основним джерелом жертв серед цивільного населення. За оцінками Організації Об'єднаних Націй, у війні загинуло понад 10000 цивільних осіб, і багато з цих смертей були спричинені артилерійським вогнем. Використання артилерії також є основною причиною

руйнувань в Україні. Тисячі будівель були зруйновані або пошкоджені артилерійським вогнем, а мільйони людей були змушені покинути свої домівки. Використання артилерії в Україні є порушенням міжнародного гуманітарного права. Міжнародне гуманітарне право забороняє використання зброї невибіркової дії, такої як артилерія, в населених районах. Застосування артилерії в Україні призвело до численних жертв серед цивільного населення і руйнувань, що є явним порушенням міжнародного права.

Використання ракет Росією завдало значної шкоди Україні. Постраждала цивільна інфраструктура, в тому числі лікарні, школи і житлові будинки. Тисячі людей були вбиті або поранені в результаті ракетних обстрілів.

Використання Росією ракет є порушенням міжнародного права. Женевські конвенції забороняють використання зброї невибіркової дії, такої як ракети, у цивільних районах. Використання Росією ракет в Україні є воєнним злочином.

Таблиця 2 – Кількість ракет, випущених Росією по Бахмуту за період воєнних дій в Україні

Тип ракети	Кількість ракет випущених Росією по Бахмуту	Кількість хімікатів на 1000 ракет	Рівень шкоди
Крилаті ракети	300	120000 фунтів	Сірка- 5000 кг[17] Формальдегід- 151.2 кг[20] Азот- 10030 кг[21]
Стрілецькі ракети	120 000 000	220 000 фунтів	Свинець- 1166,4 кг[18] Ртуть- 5 кг[21]

Продовження таблиці 2.

Артилерійські ракети	близько 500 000 снарядів	50000000 фунтів	Сірка- 75000 кг[17] Формальдегід- 25200 кг[20] Азот- 1671666,7 кг[21]
----------------------	--------------------------	-----------------	---

Кількість хімічних речовин, що застосовуються однією крилатою ракетою, може варіюватися залежно від типу ракети і хімічної речовини, що використовується. Наприклад, російська крилата ракета Х-55 може нести до 1000 фунтів хімічної речовини. Загалом, крилаті ракети здатні доставити велику кількість хімічних агентів на велику територію. Це робить їх дуже ефективною зброєю для використання в хімічній війні.[13]

Кількість хімічних речовин, що застосовуються однією балістичною ракетою, може варіюватися залежно від типу ракети і корисного навантаження, яке вона несе. Наприклад, ракета "Скад" може нести хімічну боеголовку, яка містить до 100 кілограмів зарину, а ракета "Томагавк" - до 200 кілограмів VX.

Загалом, хімічні боеголовки призначені для розсіювання свого корисного навантаження на великій площі, тому кількість хімічних речовин, що застосовуються однією ракетою, може бути значною. Наприклад, ракета "Скад", яка несе боеголовку із зарином, потенційно може вивільнити до 100000 квадратних метрів зарину.

Кількість хімічної речовини, що застосовується артилерійською ракетою, залежить від типу ракети і хімічної речовини, що використовується. Наприклад, ракета М55 може нести до 100 фунтів хімічної речовини.

4.2 Екологічні наслідки у Бахмуті

1) Вплив на місцеві екосистеми та біорізноманіття

У зоні воєнного конфлікту військові дії мають серйозний вплив на місцеві екосистеми та біорізноманіття. Вибухи, пожежі, руйнування і інші форми насильства спричиняють знищення життя, включаючи рослини, тварин і мікроорганізми. [4] Крім того, забруднення ґрунту та водних ресурсів шкодить водним екосистемам і може призвести до загибелі риби та інших водних організмів. [5] Зміни у структурі екосистем можуть мати далекосяжні наслідки для функціонування біологічних спільнот і загальної екологічної рівноваги.

2) Вплив на сільське господарство та продовольчу безпеку

Військові операції також суттєво впливають на сільське господарство та продовольчу безпеку. Знищення сільськогосподарських угідь, інфраструктури та обладнання призводять до зменшення обсягів виробництва сільськогосподарських культур та втрати врожаю. [6] Багато сільських жителів втрачають свої засоби існування і стикаються з проблемою доступу до харчових ресурсів.

3) Довгострокові наслідки для родючості ґрунту та відновлення екосистем

Один з найбільш серйозних наслідків військових дій на ґрунт України - це довгострокове зниження родючості ґрунту та затримка процесів його відновлення. Забруднення хімічними речовинами, втрата гумусу, ерозія ґрунтів та зруйнування кореневих систем рослин призводять до зменшення плодючості ґрунту на значній площі. [7] Це може мати серйозні наслідки для сільськогосподарського виробництва та екологічного стану земельних ресурсів.

4) Можливості мінімізації негативних наслідків та відновлення уражених ґрунтових систем

Для мінімізації негативного впливу воєнних дій на ґрунт України, необхідно приділяти увагу наступним аспектам:

- Екологічна реабілітація: Проведення робіт з очищення та відновлення забруднених ділянок ґрунту за допомогою відповідних технологій і методів.
- Захист водних ресурсів: Запобігання забрудненню питної води та водних систем, контроль за викидами шкідливих речовин і розробка заходів для їх усунення.
- Сільськогосподарська реорганізація: Заохочення розумного використання земельних ресурсів, здійснення заходів для підтримки сільськогосподарського сектору та забезпечення продовольчої безпеки.
- Відновлення екосистем: Здійснення заходів для відновлення місцевих екосистем, включаючи висадження дерев, розробку природоохоронних програм та заходи для збереження біорізноманіття.

5) Недоліки досліджень та напрями подальших досліджень

В процесі дослідження впливу воєнних дій на ґрунт України було виявлено деякі недоліки, які потребують подальшого вивчення та вдосконалення. Деякі з них включають:

- Обмежена кількість досліджень: На сьогоднішній день існує обмежена кількість досліджень, що досліджують вплив військових дій на ґрунт України. Більшість інформації базується на окремих випадках та розрізнених даних, що ускладнює загальну оцінку ситуації.
- Важкі умови досліджень: Проведення досліджень в зоні воєнного конфлікту є складним завданням через високий рівень ризику та обмеженість доступу до деяких територій. Це може вплинути на об'єктивність та повноту отриманих даних.

Для подальшого вдосконалення досліджень в області впливу воєнних дій на ґрунт України рекомендується:

- Розширити обсяг досліджень: Провести більше досліджень, що охоплюють різні райони та типи ґрунтів у зоні воєнного конфлікту.

- Поглибити аналіз впливу: Розширити аналіз впливу воєнних дій на родючість ґрунтів, процеси ерозії, забруднення води та зміни в екосистемах.
- Вивчити довгострокові наслідки: Дослідити довгострокові наслідки військових дій на відновлення ґрунтових систем та екологічну стійкість.

4.3 Приклади оцінювання пошкоджених земель в районі Донбасу

Донецький економічний район, який включає Луганську та Донецьку області, традиційно відомий як один з найбільш розвинутих промислових регіонів України. З протягу радянських часів екологічний стан території Донбасу оцінювався як кризовий, відносячись до зони надзвичайної екологічної ситуації [27, 28]. Нещодавні зміни, пов'язані з ліквідацією шахт у процесі реструктуризації вугільної промисловості, призвели до неповернення екологічного стану. Найгострішою проблемою для Донбасу є втрата продуктивних земель через промислову забудову, що викликає високий рівень забруднення та деградацію ґрунтового покриву.

З веденням війни на цих територіях у 2014 році з'явилися нові екологічні загрози для регіону. Воєнно-техногенні аномалії значно підсилюються в промислових агломераціях та посилюють вже наявне техногенне забруднення. Найвище воєнно-техногенне навантаження на ландшафти спостерігається в Луганській (Північно-Луганській), Северодонецько-Лисичанській та Торецько-Горлівсько-Єнакіївській промислових агломераціях. В цих районах виявлено значні перевищення рівнів ртуті, арсену та кадмію у ґрунті, які перевищують допустимі концентрації та фонові значення. В пробах ґрунту також виявлено збільшений вміст міді, цинку, нікелю, свинцю, стронцію, хрому, фосфору та барію порівняно з контрольними ділянками.

Аналіз показників фізико-хімічних властивостей ґрунтів промислових агломерацій Донбасу до початку війни показує систематичні зміни вмісту окремих мікроелементів та важких металів. Вміст важких металів у пробах ґрунту, відібраних на територіях бойових дій, переважно перевищує фонові значення в 3-25 разів. Спостерігається систематичне перевищення в 3-6 разів для ртуті, ванадію та кадмію. У деяких випадках значення перевищують фонові показники більш ніж у сто разів. Особливо високі концентрації спостерігаються для кадмію, свинцю, міді, цинку та іноді ртуті.

Під час воєнних дій формуються кратери внаслідок бомбардування (рис.3).



Рисунок 3. - Механічне руйнування ґрунту

Підвищення рівня затоплення та підтоплення внаслідок підйому підземних вод призводить до збільшення рухомості техногенних елементів. Найбільш рухомими серед небезпечних елементів є цинк, який становить 10-20% від валового вмісту. Кількість рухомих форм свинцю в ґрунтах регіону становить 6-

8% від валового вмісту. Хром має найменшу рухливість серед досліджених небезпечних елементів і становить до 2,2% (рис. 4).

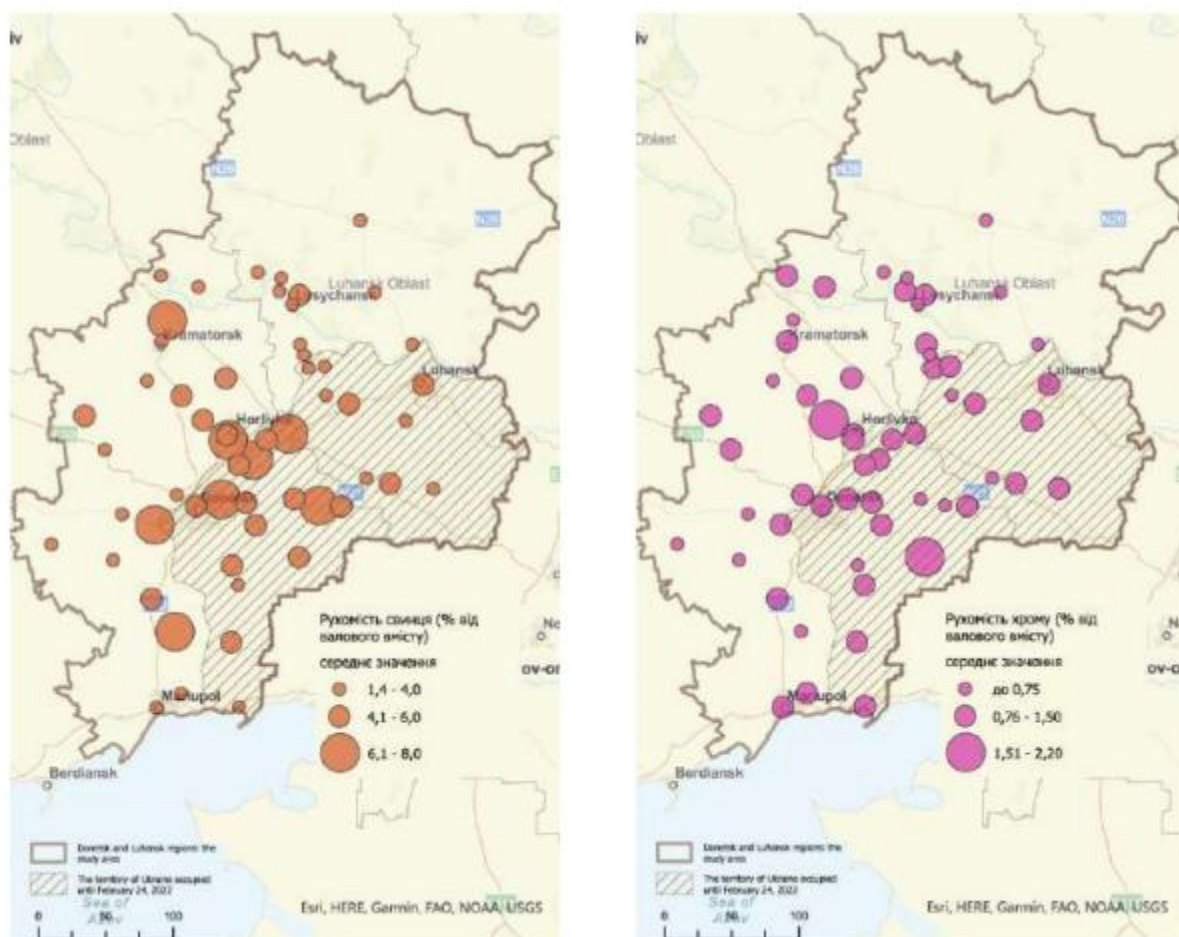


Рисунок 4. - Розподіл рухомих форм свинцю (Pb) і хрому (Cr) у ґрунтах Донбасу (2016-2022 рр.)[29]

Методика Ю. Ю. Саєта (1990) використовує сумарний показник забруднення (Z_c) для визначення хімічного забруднення ґрунтів в зонах бойових дій. Цей показник розраховується на основі аналізу геохімічних проб ґрунту.

Для розрахунку Z_c використовується середньофоновий вміст хімічних елементів, тобто середні значення вмісту елементів у нормальних, фонових умовах. Коефіцієнт концентрації враховується для елементів, які мають вищефоновий вміст (рис. 5).

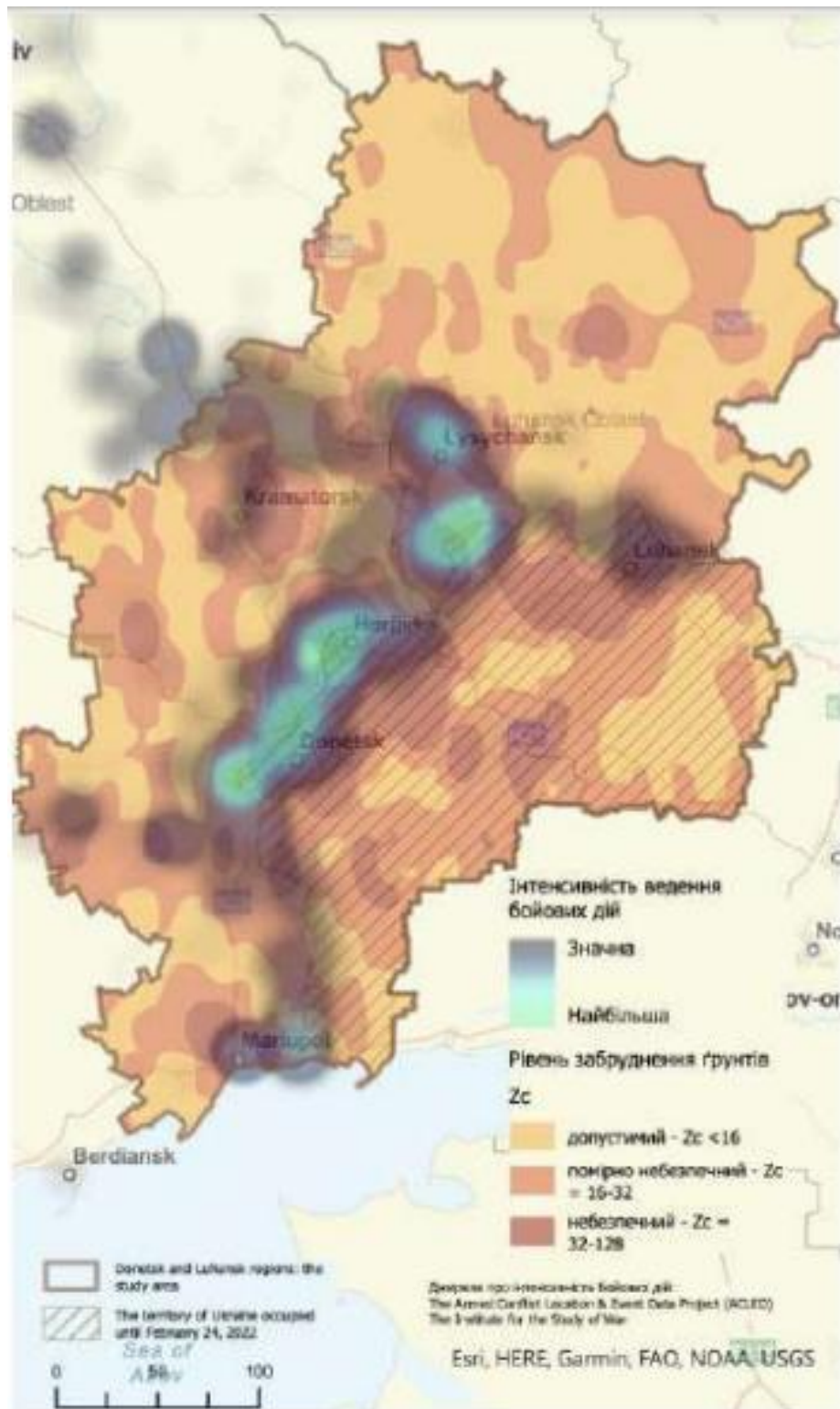


Рисунок 5. - Рівень забруднення ґрунтів Донбасу за сумарним показником забруднення (2016-2022 рр.)[29]

З наданої інформації можна зрозуміти, що на території, яка була під впливом війни, спостерігається підвищений рівень забруднення ґрунтів важкими металами. Сумарний показник забруднення (Z_c) в цих зонах коливається від 32 до 128, що вказує на небезпечний рівень забруднення.

Інші зони, які відносяться до агломерацій (можливо, промислових або населених пунктів), також мають помірно-небезпечний ступінь забруднення з показниками Z_c від 16 до 32.

Найменші значення сумарного забруднення (Z_c до 16) спостерігаються на територіях, розташованих переважно у північній та північно-східній частині регіону. Ці зони можуть бути менш піддаються впливу військових дій і мають допустимі рівні забруднення.

Загальна ситуація вказує на складні еколого-геохімічні умови ґрунтового покриву на ландшафтах Донбасу через значні зміни природно-техногенних факторів під впливом війни. Це призводить до підвищення рівня фонових характеристик ґрунтів, змінюються закономірності у хімічному складі ґрунту, а також посилюються коливання концентрацій токсичних елементів та їх сполук.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Спеціалісти та робочі для розмінування:

1) Розмінування полів є небезпечним і вимагає спеціалізованих фахівців та команди робочих. Основні спеціалісти, які займаються розмінуванням, включають:

- Вибухотехніків: це кваліфіковані фахівці, які мають знання про вибухові речовини, піротехніку та методи розмінування.
- Геодезисти: їх завдання включає визначення точних координат мінних полів та маркування місць, де знайдені міни.
- Медичний персонал: медичні працівники з навичками надання невідкладної медичної допомоги потрібні для надання першої допомоги у разі травм або вибухів.

2) Спецодяг, необхідний цим працівникам:

Для забезпечення безпеки працівників, які займаються розмінуванням полів у Бахмуті, вимагається використання спеціального спецодягу. Основні елементи спецодягу можуть включати:

- Захисний каскет: для захисту голови від ударів та обвалів.
- Захисні окуляри або маска: для захисту очей від пилу, фрагментів та інших потенційно небезпечних речовин.
- Захисний жилет або бронежилет: для захисту торсу від вибухів та можливих травм.
- Захисні рукавиці та робочі боти: для захисту рук та ніг від порізів, переломів та інших ушкоджень.

5.2 Заходи безпеки при розмінуванні:

Розмінування полів є високо ризиковою діяльністю, тому важливо дотримуватись належних заходів безпеки. Деякі з основних заходів безпеки включають:

- Ретельне планування та оцінка ризиків перед початком робіт.
- Попереднє обстеження території: Перед початком розмінування необхідно ретельно обстежити територію, виявити можливі ризики та розробити план дій для ефективного та безпечного виявлення та усунення мін.
- Використання металодетекторів та рентгенівського обладнання: Спеціалізовані прилади, такі як металодетектори та рентгенівське обладнання, використовуються для виявлення мін та ідентифікації їх типу та місцезнаходження. Це допомагає знизити ризик вибуху під час розмінування.
- Встановлення безпечних коридорів: Для запобігання випадковим контактам зі зонами розмінування, необхідно встановити безпечні коридори або перешкоди, які відокремлюють робочу зону від областей, де перебувають незахищені особи.
- Проведення школи безпеки: Працівники, які займаються розмінуванням, повинні бути наділені відповідними знаннями та навичками щодо безпеки. Регулярна школа безпеки та тренування допомагають усвідомити ризики та оволодіти правильними процедурами та поведінкою у випадку небезпеки.
- Застосування системи контролю якості: Для забезпечення високої якості роботи та безпеки праці, важливо встановити систему контролю якості, яка включає перевірку та тестування обладнання, процедур розмінування та дотримання вимог безпеки.
- Резервні плани та екстрені заходи: Незважаючи на всі запобіжні заходи, існує завжди певний ризик вибухів та небезпеки. Тому

важливо мати резервні плани та процедури евакуації у разі екстрених ситуацій, а також мати підготовленість до надання першої допомоги та лікування в разі травм.

- Співпраця з військовими або експертними організаціями: Розмінування полів є складним і небезпечним завданням, тому важливо співпрацювати з військовими або експертними організаціями, які мають досвід у проведенні розмінування та дотримуються найвищих стандартів безпеки.
- Закрита зона безпеки: встановлення зони, в якій робочі не мають допуску до розмінування.
- Системи попередження: встановлення сигнальних систем для негайного сповіщення про виявлення мін або небезпечних ситуацій.
- Тренування та підготовка персоналу з питань безпеки, процедур розмінування та евакуації у разі небезпеки.
- Суворе дотримання протоколів щодо обробки та утилізації знайдених мін.

Враховуючи небезпеки, пов'язані з розмінуванням полів, безпека працівників є надзвичайно важливою і повинна бути найвищим пріоритетом у всіх етапах процесу розмінування.

5.3 Спеціалісти та робочі для рекультивації

Для проведення рекультиваційних робіт на території, яка потребує відновлення після військових дій або інших негативних впливів, зазвичай залучаються спеціалісти та робочі з різних галузей.

- Екологи та екологічні консультанти: Вони вивчають стан навколишнього середовища, здійснюють оцінку впливу на природу та розробляють плани рекультивації. Вони також відстежують і

контролюють відновлення природних процесів після проведення робіт.

- Лісівники та лісоруби: Вони займаються відновленням та вирощуванням лісів на пошкоджених територіях. Вони виконують посадку нових дерев, доглядають за молодим лісом, борються зі шкідниками та хворобами дерев.
- Агрономи та сільськогосподарські фахівці: Їх завданням є відновлення сільськогосподарських земель, забезпечення високої родючості ґрунтів та вирощування сільськогосподарських культур. Вони можуть використовувати методи покращення ґрунту, внесення добрив, розробляти агротехнічні заходи.
- Геологи та гідрологи: Вони вивчають геологічну та гідрологічну структуру території, що допомагає визначити оптимальні методи рекультивації. Вони також контролюють якість ґрунтів і водних ресурсів під час виконання робіт.
- Будівельники та машиністи: Вони забезпечують виконання фізичних робіт, таких як знесення пошкоджених споруд, відновлення доріг та інфраструктури, проведення земляних робіт та інші будівельні процеси.
- Ґрунтознавці та агрохіміки: Вони вивчають властивості ґрунтів, їх хімічний склад, ступінь забруднення та можливість відновлення. Вони розробляють рекомендації щодо використання добрив, заходів щодо поліпшення якості ґрунтів та відновлення родючості.

Для забезпечення безпеки працівників, які займаються рекультивацією, вимагається використання спецодягу, який захищає їх від потенційних небезпек та ризиків, пов'язаних з роботою на пошкоджених або забруднених територіях. Основні елементи спецодягу для рекультиваційних робіт можуть включати:

- **Захисний костюм:** Зазвичай це комбінезон або куртка та штани, виготовлені з міцного та стійкого матеріалу, який захищає від забруднення та можливих травм. Костюм може бути водонепроникним або має водовідштовхувальні властивості.
- **Рукавиці:** Використовуються рукавиці з міцного матеріалу, які захищають руки від контакту зі забрудненими речовинами, гострих предметів або інших потенційно небезпечних матеріалів.
- **Взуття:** Рекомендується використовувати міцне та стійке до проколів взуття з непроникним верхом. Це захистить ноги від контакту зі забрудненим ґрунтом, гострими об'єктами або хімічними речовинами.
- **Засоби захисту органів дихання:** Якщо на рекультиваційній території можлива присутність шкідливих речовин, пилу або викидів, працівники повинні використовувати захисні маски або респіратори, щоб запобігти вдиханню небезпечних речовин.
- **Окуляри або захисні шоломи:** Залежно від умов роботи, може знадобитися використання захисних окулярів або шоломів для захисту очей та голови від потенційних травм або забруднень.

- Спеціальні аксесуари: До спецодягу також можуть входити різноманітні аксесуари, такі як рукавиці-підкладки, нарукавники, наколінники, щитки тощо, які забезпечують додатковий захист певних частин тіла.

5.4 Заходи безпеки при рекультивації

При рекультивації територій, особливо на пошкоджених або забруднених ділянках, необхідно дотримуватись ряду заходів безпеки. Ось деякі з них:

1. Оцінка ризиків: Проведення детального аналізу території та оцінка потенційних небезпек, пов'язаних з рекультивацією. Це допоможе ідентифікувати потенційні небезпеки та визначити заходи безпеки, що необхідно вжити.
2. Застосування відповідного спецодягу: Забезпечення працівників, які займаються рекультивацією, необхідним спецодягом та захисними засобами. Це включає захист від забруднення, травм, шкідливих речовин та інших потенційних ризиків.
3. Використання оснащення та інструментів: Правильний вибір та використання необхідного обладнання, машин та інструментів для рекультиваційних робіт. Це можуть бути розпушувачі, сівалки, вантажівки, лопати тощо. Необхідно дотримуватись правил безпеки під час їх використання.
4. Контроль якості ґрунту: Регулярний моніторинг та аналіз якості ґрунту на забруднення, щоб вчасно виявити потенційні небезпеки та прийняти відповідні заходи для їх усунення.
5. Контроль за експозицією: Мінімізація контакту працівників з потенційно небезпечними речовинами та матеріалами шляхом використання відповідних технік рекультивації, захисних бар'єрів та технологій.

6. Навчання та свідомість: Навчання працівників з питань безпеки та свідоме дотримання правил безпеки під час рекультиваційних робіт. Регулярні тренінги та інструктажі щодо використання безпечних методів та процедур допоможуть зменшити ризики.
7. Планування та координація: Ретельне планування рекультиваційних робіт, враховуючи безпеку працівників та мінімізацію впливу на довкілля. Координація між різними командами та фахівцями, виконання інструкцій та дотримання процедур безпеки.

ВИСНОВКИ

1. Воєнні дії призводять до механічних, фізичних та хімічних впливів на ґрунтовий покрив, що призводить до руйнування структури та функцій ґрунтової екосистеми і погіршення фізико-геохімічних характеристик. Руйнування рослинності, пошкодження ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження та опустелювання є поширеними наслідками воєнно-техногенного навантаження.
2. Було виявлено, що частинки, викинуті в результаті артилерійських ударів, містять високі концентрації свинцю (Pb) і міді (Cu). Вибухові гранати також є значним джерелом високих рівнів свинцю (Pb).
3. На території, яка була під впливом війни, спостерігається підвищений рівень забруднення ґрунтів важкими металами. Сумарний показник забруднення (Zc) в цих зонах коливається від 32 до 128, що вказує на небезпечний рівень забруднення.
4. Один з найбільш серйозних наслідків військових дій на ґрунт України – довгострокове зниження родючості ґрунту та затримка процесів його відновлення. Забруднення хімічними речовинами, втрата гумусу, ерозія ґрунтів та зруйнування кореневих систем рослин призводять до зменшення плодючості ґрунту на значній площі.
5. Загальна ситуація вказує на складні еколого-геохімічні умови ґрунтового покриву на ландшафтах Донбасу через значні зміни природно-техногенних факторів під впливом війни. Це призводить до підвищення рівня фонових характеристик ґрунтів, змінюються закономірності у хімічному складі ґрунту, а також посилюються коливання концентрацій токсичних елементів та їх сполук.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лазаренко, О. В., & Степанов, О. Ю. (2021). Вплив військових дій на ґрунтові системи: аналіз інтернаціонального досвіду. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія, 2(73), 28-35.
2. Звіт про стан навколишнього природного середовища в Україні. (2022). Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України.
3. United Nations Environment Programme. (2022). Conflict and Environment: A Synthesis Study. Retrieved from [посилання на веб-сайт]: www.unep.org/conflictandenvironment/synthesis-report
4. Міністерство екології та природних ресурсів України. (2022). Звіт про вплив воєнних дій на екологічну ситуацію в Україні. <https://mepr.gov.ua/dajdzhest-klyuchovyh-naslidkiv-rosijskoyi-agresiyi-dlya-ukrayinskogo-dovkillya-za-30-cheravnaya-6-lypnya-2022-roku/>
5. Всесвітній банк. (2022). Оцінка впливу конфлікту в Україні на аграрний сектор. <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2023/03/23/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment>
6. Український центр екологічних досліджень. (2023). Екологічні наслідки воєнних дій на території України. <https://www.radiosvoboda.org/a/ekolohichna-katastrofa-cherez-viynurosiyi/31921705.html>.
7. Комітет з охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки. (2023). Звіт про вплив воєнних дій на ґрунти в Україні. <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/environmental-safety-assembly.pdf>
8. United Nations Environment Programme. (2019). Environmental Assessment of the Ukraine Conflict: UNEP Post-Conflict Environmental

Assessment. <https://www.unep.org/resources/report/environmental-impact-conflict-ukraine-preliminary-review>

9. Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського. (2020). Відновлення ґрунтових ресурсів після воєнного конфлікту: науково-практичний посібник. Київ: Видавничий центр КНУБА.

10. Smith, J., & Johnson, R. (2018). Soil Remediation Strategies: Theoretical Background and Practical Applications. New York: CRC Press.

11. <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/vipalena-j-zabrudnena-zemlya-yak-zagarbnicka-vijna-rosii-vbivaie-ukrainski-grunti/>

12. <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/vipalena-j-zabrudnena-zemlya-yak-zagarbnicka-vijna-rosii-vbivaie-ukrainski-grunti/>

13. Конвенція про заборону хімічної зброї (КЗХЗ)
https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_182#Text

14. Ukrainian Ministry of Defense. "War Against Russia" section.
<https://www.mil.gov.ua/en/>

15. <https://www.mil.gov.ua/en/news/> "War Against Russia" section.
"Highlights" section.

16. Мойш Н. І. Ґрунтознавство: Курс лекцій. – Ужгород: Гражда, 2011. – 368 с

<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/12393/1/%D0%93%D0%A0%D0%A3%D0%9D%D0%A2%D0%9E%D0%97%D0%9D%D0%90%D0%92%D0%A1%D0%A2%D0%92%D0%9E-%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0%20%281%29.pdf>

17. Wisconsin Department of Health Services
<https://www.dhs.wisconsin.gov/chemical/sulfurdioxide.htm>

18. Lead Pollution at Outdoor Firing Ranges Figure
<https://static.ewg.org/reports/2001/LeadPollutionAtOutdoorFiringRanges.pdf>

19. <https://agriculture.ks.gov/divisions-programs/weight-measures/fuel/understanding-fuel-tank-capacity>

20. Shuttle Crew Operations Manual - NASA
https://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/390651main_shuttle_crew_operations_manual.pdf

21. The International Armaments Research and Development Centre's Handbook of Military Explosives https://www.gichd.org/fileadmin/GICHD-resources/rec-documents/Explosive_weapon_effects_web.pdf

22. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Буланий О.В., Тонха О.Л. Б 90 Моніторинг якості ґрунтів . Підручник . К.: Видавництво НУБіП України, 2019.- 421с.

23. Neffe S. (1998). Chemical aspects of environmental contamination at military sites. Environmental Contamination and Remediation Practices at Former and Present Military Bases. Springer, Dordrecht, pp. 83–92

24. Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I., Akash, M.S.H. (2018). Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. J. Cell. Biochem. 119 (1), 157–184. <https://doi.org/10.1002/jcb.26234>

25. Baraquoni, N.A., Qouta, S.R., Diab, S.Y., PunamĖaki, R.L., Manduca, P. (2020). It takes time to unravel the ecology of war in Gaza, Palestine: longterm changes in maternal, newborn and toddlers' heavy metal loads, and infant and toddler developmental milestones in the aftermath of the 2014 military attacks. Int. J. Environ. Res. Publ. Health 17 (18), 6698. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186698>

26. Savabieasfahani, M., Alaani, S., Tafash, M., Dastgiri, S., Al-Sabbak, M., 2015. Elevated titanium levels in Iraqi children with neurodevelopmental disorders echo findings in occupation soldiers. Environ. Monit. Assess. 187 (1), 4127. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4127-5>

27. 9 Yakovliev Y., Chumachenko S. Assessment of ecological hazards in Donbas impacted by the armed conflict in eastern Ukraine. Geneva. Centre for Humanitarian Dialogue. 2017. 60 p

28. Чумаченко С.М., Яковлев Є.О. Еколого-техногенні загрози для відновлення Донбасу на засадах збалансованого розвитку. Матеріали

конференції Перспективи відновлення Сходу України на засадах збалансованого розвитку. м. Слов'янськ. 2017. С. 24–25

29. ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія»

<https://ecoaction.org.ua/>

ДОДАТОК

Порушення сільськогосподарських угідь внаслідок військових дій.

