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 впливу військових дій на біогеохімічні процеси в грунтах»

Сегеда Павло Федорович

Київ 2023 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЗНСтаОП
Ткаченко Т.М. _____
„___” _____2023 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

на тему:

«Оцінка впливу військових дій на біогеохімічні процеси в грунтах»

Виконав студент групи ЕК-41
Спеціальність: 101 «Екологія»
Сегеда П.Ф.
Керівники: к.т.н., доц. Березницька Ю.О.

Київ 2023 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 ТЗНС та ОП
Ткаченко Т.М._____
„___”_____2023 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

_____ Сегеда Павло Федорович_____-
(прізвище, ім’я та по батькові студента)

1. Тема роботи: Оцінка впливу військових дій на біогеохімічні процеси в грунтах
затверджена наказом ректора КНУБА № _____ від «__»_____2022 р.
2. Керівники роботи: к.т.н., доц. Березницька Ю.О.
(прізвище, ім’я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання студентом роботи до захисту
4. Зміст пояснювальної записки за розділами: Теоретична частина. Класифікація та опис забруднень ґрунтів повоєнних ландшафтів. Механічний вплив та наслідки для ґрунтів. Фізичний вплив та наслідки для ґрунтів. Хімічний вплив та наслідки для ґрунтів. Воєнно-техногенний вплив на ґрунти та наслідки для здоров’я людей. Оцінювання пошкоджених земель на регіональному та місцевих рівня. Характеристика грунтів Донбасу (Сартанська громада) та вплив на них військових дій. Шляхи відновлення пошкоджених грунтів. Рекомендації щодо відновлення пошкоджених грунтів. Міжнародно-правовий захист довкілля у період збройного конфлікту.Висновки. Список використаної літератури.
5. Графічний матеріал: дипломна робота містить 9 рисунків та 5 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	
Теоретична частина.	
Оцінювання пошкоджених земель на регіональному та місцевих рівня	
Шляхи відновлення пошкоджених грунтів	
Міжнародно-правовий захист довкілля у період збройного конфлікту	
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.			
Розділ 4.			

8. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Робота викладена на 56 сторінках друкованого тексту, містить 9 рисунків та 2 таблиць. Перелік посилань включає 42 джерел.

Наслідки воєнних дій для ґрунтового середовища часто недооцінюються, якщо співставляти з втратою людських життів та об’єктів інфраструктури, однак погіршення якісних властивостей ґрунту є довготривалим, що суттєво знижує його продуктивні функції. Все ж ґрунти можуть відновлювати свої функціональні властивості та нарощувати продуктивність взаємозалежну в часі від типу ґрунту, типу воєнно-техногенного впливу та ландшафтних умов території.

Повномасштабне вторгнення Російської Федерації до України вже завдало та продовжує завдавати непоправної шкоди довкіллю, зокрема внаслідок забруднення та пошкодження ґрунтового покриву. Впродовж семи місяців активних бойових дій ґрунтовому покриву дев’яти областей України площею близько 21 млн га завдано непоправної шкоди. Військові дії призводять не лише до фізичного погіршення стану ґрунту, але й до його хімічного забруднення. Пряме потрапляння снарядів, згоріла військова техніка й нафтопродукти руйнують екосистему і забруднюють ґрунти та воду важкими металами і токсичними елементами. Найшкідливішими забруднювачами ґрунтів є високотоксичний свинець, ртуть, арсен, кадмій, мідь, нікель та цинк.

Воєнно-техногенні забруднювачі зазвичай наявні в ґрунті у формі залишків або частинок внаслідок використання боєприпасів і потрапляють у ґрунт шляхом розсіювання. Ці забруднювальні сполуки мають різні рівні розчинності у воді та високу ступінь проникнення в перехідні шари ґрунту. Однак здебільшого ці сполуки мають високі концентрації в приповерхневому шарі ґрунту (до 15 см). Сполуки вибухових речовин при вивільненні контактують із ґрунтом, де вони поглинаються та адсорбуються його частинками. Тривалість сорбції залежать від структури сполук.

Різка зміна ландшафтів потребує негайного та комплексного дослідження з подальшою розробкою політики управління забрудненими війною землями. Бездіяльність щодо окресленої проблеми ризикує спричинити пришвидшену ерозію ґрунтів, негативно вплинути на виробництво, поширення токсичної/ забрудненої сільськогосподарської чи іншого типу продукції, а також негативно впливати на здоров'я людей. Однак нині моніторинг оцінки стану ґрунтів і досі має фрагментарний характер.

Ключові слова: *ландшафт, грунти, військові дії, воєнно-техногенне забруднення, наслідки воєнних дій*

Зміст

	Вступ…… …	8
1.	Теоретична частина ……...	12
1.1.	Класифікація та опис забруднень ґрунтів повоєнних ландшафтів …….	12
1.1.1.	Механічний вплив та наслідки для ґрунтів …….	13
1.1.2.	Фізичний вплив та наслідки для ґрунтів …….	14
1.1.3.	Хімічний вплив та наслідки для ґрунтів …….	15
1.2.	Воєнно-техногенний вплив на ґрунти та наслідки для здоров’я людей ……...	18
2.	Оцінювання пошкоджених земель на регіональному та місцевих рівня ……	23
2.1.	Характеристика грунтів Донбасу (Сартанська громада) та вплив на них військових дій …….	25
3.	Шляхи відновлення пошкоджених грунтів……..	35
3.1.	Рекомендації щодо відновлення пошкоджених грунтів….	35
3.2.	Практичні дії в Україні та світова практика відновлення пошкоджених земель……..	37
4.	Міжнародно-правовий захист довкілля у період збройного конфлікту …….	40
	Висновки ……	50
	Список використаної літератури……..	51

Вступ

Ґрунти - узагальнене найменування будь-якої гірської породи (осадової, магматичної, метаморфічної), яка залягає переважно в межах зони вивітрювання земної кори і що розглядається з інженерно-геологічної (будівельної) точки зору при загальному підході до особливостей земної поверхні (твердий, пухкий, мерзлий і т.д.), або при формі ведення сільського господарства (відкритий, закритий) і власне ґрунтів.

В сільськогосподарському виробництві використовується поняття «ґрунт» що відноситься до самих поверхневих родючих шарів біолітосфери. Головною відміною рисою ґрунтів від гірських порід, що складають основну частину літобіосфери є специфічна властивість – родючість.

Родючий ґрунт має природне органо-мінеральне походження, яке утворилось внаслідок життєдіяльності організмів, зовнішнього впливу природних вод, атмосферного повітря, кліматичних факторів ін.

Відповідно до висловлювань В.І. Вернадського – ґрунти представляють собою основу для функціонування біосфери.

Серед географів прийнято вважати ґрунт «дзеркалом» ландшафту, адже всі компоненти біосфери взаємодіють з ґрунтом та формують складну полігенну, біокосну систему, яка є основою життя земних рослин і тварин.

Середня товщина шару родючого ґрунту становить 2-3 м. завдяки здатності до поглинання, ґрунтовий покрив може накопичувати живильні елементи для життєдіяльності організмів.

Сутність процесу ґрунтоутворення полягає в наступному: живі організми поглинають мінеральні елементи з навколишнього середовища та в процесі своєї життєдіяльності виділяють ряд органічних та мінеральних елементів, які впливають на середовище та змінює його. На цей процес впливають всі фізико-географічні елементи навколишнього середовища.

Процеси утворення ґрунту пов’язані з процесом фотосинтезу. В результаті процесу фотосинтезу вноситься органічна речовина, в атмосфера поповнюється киснем.

При досягненні рівноваги грунту процес еволюції закінчується. В широтах з поімрним кліматом процес руйнування родючого шару значно повільніший.

Гумус – родючий шар грунту, який утворюється внаслідок розкладання рослинних та тваринних залишок, продуктів єиттєдіяльності організмів. Організми, які мешкаютб в грунтовому шарі сприяють зміні фізико-зімічнх параметрів. Завдяки сукупній дії ґрунтових організмів, хімічним та біохімічним реакціям, рослини мають можливість живитися мінеральними і органічними речовинами.

Окрім органічних речовин (C та N), грунтовий покрив забезпечує рослинність P, S, K, Ca, Mg, Na, B, Zn, Co, Mn та ін. кожен з цих елементів забезпечує життєдіяльність організмів та їх наявність є обов’язковою для забезпечення екологічної рівноваги.

Надлишок органічних речовин та мінеральних речовин може негативно вплинути на життєдіяльність організмів та функціонування ґрунтового покриву.

Ґрунтовий покрив разом із організмами утворюють складні природні екосистеми, які виконують функції:

- процеси біогенного накопичення, трансформації і перерозподілу сонячної енергії;
- підтримку планетарного круговороту біогенних елементів.

Ці функції здійснюються системою «організми – ґрунт» шляхом створення рослинно- органічної речовини, яка використовується численними кільцями мікрофагів, ґрунтових безхребетних і мікробів.

Війна росії проти України з 2014 року разюче порушила ґрунтове середовище і спричинила широкомасштабну та довготривалу деградацію довкілля. Повномасштабне вторгнення з 24 лютого 2022 року ще більше

загострило проблему деградації ґрунтів, а висока інтенсивність бойових дій призвела до виникнення певних сумнівів щодо безпечності використання родючих земель, що безпосередньо постраждали від військового впливу.

Хоча війна досі триває, вже зараз ми можемо зафіксувати значний негативний вплив військових дій на здоров'я та продуктивність ґрунтів. Вирви від авіабомб та артилерійських обстрілів, заміновані території, розбита військова техніка, витік залишків нафтопродуктів, випалені ділянки від пожеж, які виникають внаслідок проведення військових дій, зсуви ґрунту та ін. стали основними показниками, які свідчать про негативний потужний вплив на ґрунти та їх забруднення. Забруднення та руйнування щару ґрунтового покриву призводять до суттєвих соціально-економічних наслідків.

Зміна структури цілісності ландшафтів призводить до необхідності проведення термінового комплексного дослідження та розробки моделі управління забрудненими територіями.

Бездіяльність щодо вирішення данної проблеми може призвести до пришвидшення процесу ерозії, негативно вплинути на процес виробництва сільськогосподарської продукції та здоров'я населення регіону.

Однак нині моніторинг оцінки стану ґрунтів і досі має фрагментарний характер.

Мета дослідження: полягає в дослідженні впливу військових дій на ґрунти шляхом оцінки їхнього еколого-геохімічного стану в зонах ведення активних бойових дій, визначити критерії забруднення земель відповідно до ступеня пошкоджень, а також запропонувати основні заходи з повоєнного відновлення ґрунтів України, враховуючи регіональні ландшафтно-геохімічні особливості та типи землекористування.

Методи та матеріали дослідження: методологічною основою роботи є критичний аналіз існуючої інформації щодо масштабів впливу військових дій на біогеохімічні процеси в грунтах. При виконанні роботи були

використані наукові праці вітчизняних і зарубіжних авторів, матеріали моніторингу стану навколишнього середовища.

Актуальність теми дослідження пов’язана з наявністю потенціалу до зниження негативного навантаження на довкілля та необхідністю вдосконалення підходів екологічно безпечного управління на територіях бойових дій.

Предмет досліджень: біогеохімічні процеси в грунтах.

Об’єкт досліджень: території на яких проходять активні бойові дії.

Завдання:

- Дослідити класифікацію грунтів.
- Оцінити стан грунтів території на якій проходять активні бойові дії.
- Запропонувати методи та технології зменшення негативного впливу на грунт.

1. Теоретична частина

1.1. Класифікація та опис забруднень ґрунтів повоєнних ландшафтів

Наслідки воєнних дій для ґрунтового середовища часто недооцінюються, якщо співставляти з втратою людських життів та об’єктів інфраструктури, однак погіршення якісних властивостей ґрунту є довготривалим, що суттєво знижує його продуктивні функції. Все ж ґрунти можуть відновлювати свої функціональні властивості та нарощувати продуктивність взаємозалежну в часі від типу ґрунту, типу воєнно-техногенного впливу та ландшафтних умов території.

Оцінка воєнно-техногенного навантаження на ґрунти повоєнних ландшафтів здійснюється за рівнями інтенсивності бойових дій із врахуванням типів бойових забруднень. В Україні з 24 лютого 2022 року відбуваються повномасштабні бойові дії з порушеннями ґрунтового покриву.

Ці порушення умовно поділяють на дві групи:

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

Воєнні дії спричиняють низку механічних, фізичних та хімічних впливів на ґрунтовий покрив. Ці впливи призводять до руйнування структури та функцій ґрунтової екосистеми, ведуть до погіршення фізикогеохімічних властивостей. Знищення рослинності, порушення ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження, опустелювання є поширеними наслідками воєнно-техногенного навантаження. Унаслідок цього різко скорочуються рівень біорізноманіття, а це зі свого боку впливає на біологічні популяції та

види, а втрата біорізноманіття посилює зміною структури та функцій ландшафтів.

1.1.1. Механічний вплив та наслідки для ґрунтів

Механічний вплив під час воєнно-техногенного навантаження полягає у механічній деформації ґрунтового покриву під час пересування військової техніки, безпосереднього руху військ, будівництва приповерхнених та підземних споруд, бомбардування, розмінування територій та будівництва оборонної інфраструктури.

Основним видом впливом на ґрунт є ущільнення з пошкодженням гумусового шару, що призводить до порушення водного балансу, виникненню ерозії (вітрової та водної) та ін. Руйнування цілісності структури ґрунту відбувається в наслідок зсуву частинок одного шару щодо іншого під дією навантаження вій техніки та ін. Унаслідок цього процесу погіршується процес адаптації рослин до змін клімату, посушливих умов і нестачі вологи1. Водночас ущільнений унаслідок механічного впливу ґрунт стає більш стійким до подальшого воєнно-техногенного впливів у в умовах постійної нестачі продуктивної вологи.

Деформації ґрунтового покриву відбуваються внаслідок формування приповерхневих та підземних фортифікаційних споруд (бліндажі, окопи, траншеї, тунелі, сховища паливно-мастильних матеріалів, сховища бойових матеріалів). Це посилює низку небезпечних геоморфологічних процесів: зсуви, заболочування, осідання ґрунту тощо. Саме тому під час побудови фортифікаційних споруд слід враховувати глибину залягання ґрунтових вод та умови ґрунтового зволоження.

Утворення кратерів під час воєнних дій спричинене бомбардуванням. Наслідком вибухової дії є швидке вивільнення енергії, яке утворює кругову ударну хвилю, що оточує точку удару – воронку. Після вибуху ґрунт частково видаляється, формуючи котлован. Цей тип порушення ґрунту

визначено як бомбтурбація. Під час цього процесу вибухова хвиля провокує руйнування послідовності ґрунтових горизонтів, що призводить до порушення повітряно-водного режиму. Найбільші за розмірами продукти вибуху залишаються на дні кратеру або переважно щільно прилягають до нього. 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. Якщо кратери утворено в місцях з близьким до поверхні рівнем ґрунтових вод, розвиток ґрунту та вегетація рослин сповільнюється.

Під час розмінування територій руйнується гумусовий шар, втрачаються фізичні та хімічні властивості ґрунту, відбуваються зміни його стану. В свою чергу це впливає на родючість та водоутримувальну здатність ґрунту. Встановлення мін саме собою передбачає в майбутньому турбулентність ґрунту. Детонація забруднює ґрунт металевими фрагментами та залишками вибухової речовини. Операції з очищення від мін часто складні і дорогі, тому ці наслідки можуть призводити до втрати ґрунтових ресурсів.

Унаслідок бойових дій виникнення пожеж є первинним наслідком воєнно-техногенного навантаження, що провокує в подальшому процеси водної та вітрової ерозії. Зазвичай на вигорілих ділянках спостерігається винесення гумусових речовин та утворення гідрофобного шару, який обмежує проникнення води.

1.1.2. **Фізичний вплив та наслідки для ґрунтів**

Під фізичним впливом слід розуміти зміну фізичних властивостей ґрунтового покриву внаслідок застосування систем зброї та військової техніки. Основними проявами фізичного забруднення ґрунтів є:

- Вібраційний вплив характеризується більш низькими частотами коливань і передачею їх через тверді предмети, що безпосередньо стикаються

з механізмами, що є ефективними. Вібраційний вплив пов’язаний із генерацією енергетичних імпульсів під час заходів ведення бойових дій. 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. Вібрація, що передається у ґрунті, здатна призводити до його ущільнення, витискання води, просідання поверхні, утворення порожнин, зміни мікрорельєфу.

- Радіоактивний вплив зумовлений підвищенням вмісту радіоактивних речовин через застосування боєприпасів із збідненим ураном, засобів та приладів із джерелами іонізуючого випромінювання. Нині на території України не зареєстровано використання цього типу зброї. Тепловий вплив зумовлює локальне підвищення температури внаслідок викидів нагрітого повітря, порохових газів, газоподібних продуктів та вихлопних газів.

- Тепловий вплив негативно впливає на ґрунтовий покрив, викликаючи порушення термічного та водного режиму, зміни гранулометричного та агрегатного складу. Зміна термічного режиму ґрунту впливає на ґрунтові організми, змінюючи їхній рівень насиченості киснем та призводить до зниження біорізноманіття.

1.1.3. Хімічний вплив та наслідки для ґрунтів

Хімічний вплив воєнних заходів призводить до зміни природних параметрів ґрунтового покриву під дією забруднювальних речовин, що утворюються внаслідок використання систем зброї та військової техніки. Довготривала військова діяльність спричиняє утворення локальних воєнно-техногенних геохімічних аномалій з різним спектром вибухових та інших токсичних речовин, що може накласти на невизначений термін заборону на використання земель.

До хімічного забруднення воєнно-техногенного походження належать пальне, мастильні матеріали, сольвенти, відходи, залишки вибухових речовин, дезактиваційні речовини, важкі метали та їхні сполуки, радіоактивні речовини. Небезпечними речовинами фізико-хімічного типу є вибухонебезпечні матеріали.

Під час здійснення стрільб використовуються боєприпаси з різним складом пороху та вибухових речовин, при горінні яких утворюються речовини, як-от азот, сажа, вуглеводні, свинець, двоокис марганцю та інші похідні, що негативно впливають на здоров'я людини та навколишнє природне середовище. Так, під час вибуху одного 115 мм осколково-фугасного боєприпасу, спорядженого гексогеном, утворюється близько 4000 л газу, який містить продукти згоряння цієї вибухової речовини. До 30% газів розсіюється в повітрі, а більша їхня частина (важкі фракції та важкі метали) осідають на ґрунт.

Вибухові речовини також відіграють значну роль у викидах металів у ґрунтове середовище. Виявлено, що частки, викинуті від артилерійських ударів, містять високий рівень свинцю (Pb) і міді (Cu). Вибухові гранати також вважалися значним джерелом високих концентрацій свинцю (Pb).

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. Забруднення ґрунту наземними мінами позбавляє місцевих громад доступу до землі та природних ресурсів.

Значне місце в забрудненні ґрунтів займають важкі метали. За даними попередніх досліджень зони АТО/ООС впродовж 2016-2020 рр., виявлено у ґрунтах високий вміст свинцю, міді, миш'яку, цинку, хрому, кадмію, молібдену, барію, калію, магнію та вольфраму9. Вищезазначені елементи характеризують домінувальний спектр воєнно-техногенного забруднення і є провідними індикаторами для прогнозування змін екологічного стану територій із забрудненими ґрунтами та територій, що суміжні з ними.

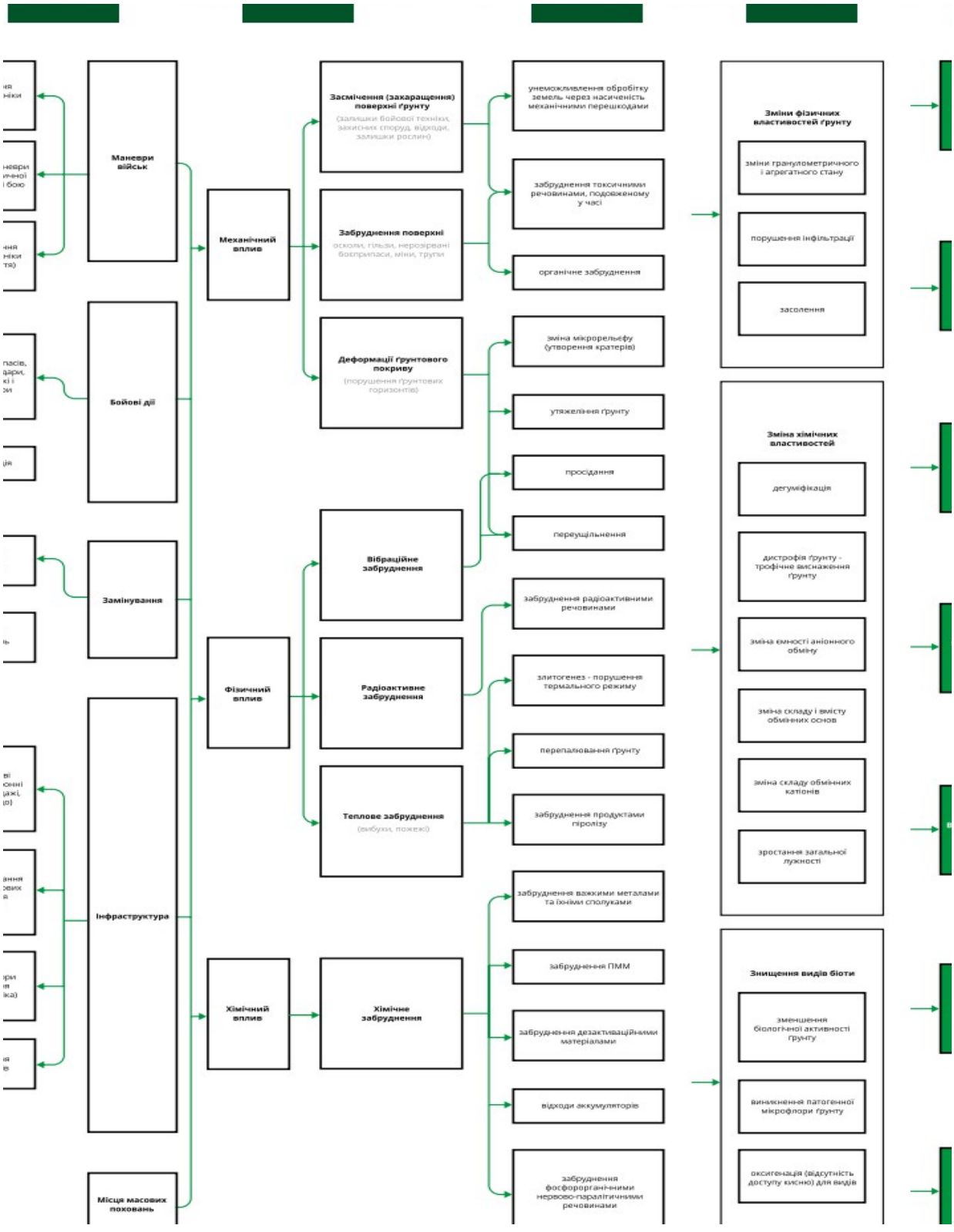

Рис.1.1. Інструменти виявлення типів порушень ґрунту та встановлення підпорядкованості порушень основним воєнно-техногенним факторам впливу

У місцях виливу паливно-мастильних матеріалів простежується найбільша концентрація нафтопродуктів. Найчастіше в місцях значних проливів нафтопродуктів внаслідок зміни хімічного складу ґрунту порушується важлива властивість ґрунту — здатність до самовідновлення та відбувається зниження біологічної активності ґрунту.

Ґрунти, забруднені вуглеводнями, є джерелом токсичних газів і пилу, що переносяться повітрям та мають гострий токсичний вплив на ґрунтове біорізноманіття10. 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.

Склад та взаємозв'язок воєнно-техногенних факторів впливу на ґрунти представлено у причинно-наслідкової схемі на рис.1.1.

1.2. **Воєнно-техногенний вплив на ґрунти та наслідки для здоров'я людей**

Воєнно-техногенні впливи зумовлюють специфічні забруднення ґрунтового середовища. Разом із викидами органічних забруднювачів військова діяльність тісно пов'язана з забрудненням ґрунтів важкими металами. Отже, викиди забруднювальних речовин, пов'язаних із військовою діяльністю, можуть свідчити про безпосередній вплив на середовище існування та відігравати значну роль у стані здоров'я цивільного населення. Доведено, що вплив забруднювальних речовин воєнно-техногенного походження спричиняє негативні наслідки для здоров'я, пов'язані з серцево-судинними, метаболічними, неврологічними та онкологічними захворюваннями.

Низка досліджень окремо свідчить про несприятливі наслідки воєнно-техногенного впливу для здоров'я дітей, які проживають на територіях бойових дій. Виявлено, що затримка росту та неврологічного розвитку у дітей були пов'язані з внутрішньоутробним впливом важких металів, насамперед миш'яку, барію та молібдену. Збільшення кількості передчасних пологів та поширеності вроджених вад у новонароджених у районі Газа (Палестина) обумовлено підвищеним впливом на жіноче населення високого рівня барію, миш'яку, кобальту, кадмію, хрому, ванадію та урану. Доведено, що в дітей військової зони Іраку спостерігається порушення неврологічного розвитку.

Потрапляння забруднювальних речовин в організм людини є фактором ризику розвитку різноманітних патологій, зростання й ускладнення перебігу низки хвороб. Багато мікроелементів, включно з необхідними для живих організмів, в аномально високих концентраціях є токсичними для людини. Виявляється, що навіть невеликі концентрації забруднювальних речовин змінюють активність ферментів в організмі людини, впливають на кровообіг ядер і синтез білка, викликають зміни на генетичному рівні.

Після потрапляння в ґрунт на «поведінку» вибухових сполук та важких металів впливають різноманітні природні процеси. Швидкість їхньої міграції та трансформації регулюється фізико-хімічними та біологічними факторами ґрунтового середовища (як-от розчинення, випаровування, адсорбція, фотоліз, гідроліз, біодеградація). Рухливість забруднювальних речовин у ґрунтовому середовищі залежить від гранулометричного та мінералогічного складу ґрунту, вмісту гумусу, окисно-відновних та кислотно-лужних умов, наявності геохімічних бар'єрів.

На поведінку забруднювальних 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 в наслідок повітряному переносу;
- вертикальна міграція пов’язана з дифузією іонів, перенесення з потоком вологи, перенесення кореневими системами, діяльністю ґрунтової фауни, господарська діяльність людини.

Найбільший вплив на інтенсивність міграції забруднювачів у ґрунтовому профілі чинить водний режим. Здатність ґрунтів або підземних вод затримувати важкі метали шляхом вибіркового поглинання (адсорбції) залежить також від площі поверхні, яка реагує з металом.

Інтенсивність закріплення важких металів залежить також від складу ґрунтотвірної породи, що відрізняється вмістом глини й органічної речовини, вологістю, швидкістю газового обміну з атмосферою, мікробіологічною активністю та іншими ландшафтно-геохімічними факторами.

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. Саме тому часто використовують багаторічні трави, як-от міскантус, а також деревні види, як-от верби (Salix sp.) і тополя (Populus sp.).

На надходження важких металів у рослини з ґрунту впливає кілька факторів: видові особливості рослин, тип ґрунту, концентрація, форма перебування елементів-забруднювачів, pH ґрунту, гранулометричний склад, вміст органічних речовин, ємність поглинання катіонів у ґрунті, наявність техногенних джерел забруднення ландшафтів тощо.

Водночас рослини мають захисні властивості щодо поглинання забруднювачів. У них наявна кілька систем контролю за надходженням іонів. Здебільшого вони перебувають у коренях та репродуктивних органах (насінні і плодах). Дослідження міграції елементів-забруднювачів у рослини засвідчило, що на перших етапах надходження елементів з ґрунтів їхня основна частина затримується в коренях рослин (рис.1.2).

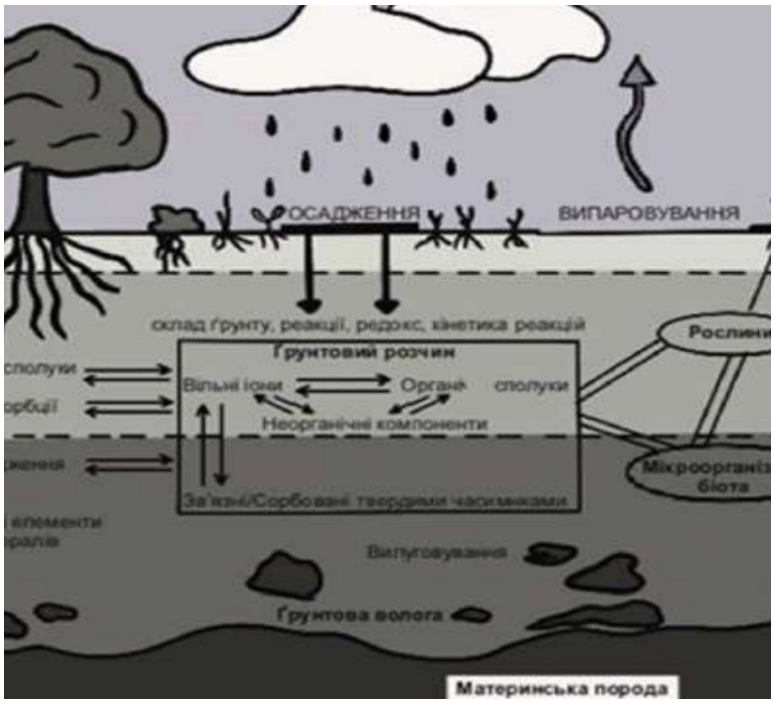

Рис.1.2. Процеси міграції забруднювальних речовин у ґрунтах

Водночас захисні механізми кореневої системи обмежені і під час інтенсивного надходження токсичних речовин з ґрунтового покриву вони не в змозі повністю захистити вегетативну масу від забруднення, і елементи-забруднювачі починають проникати в надземну частину рослин.

Хімічний склад рослин залежить від фізико-хімічних параметрів ґрунтів, оскільки вибірково поглинають необхідні для життєдіяльності елементи відповідно до фізіологічних і біохімічних потреб.

Механізми стійкості рослин до надходження іонів важких металів різноманітні: одні можуть накопичувати високі концентрації металів і проявляти до них толерантність, інші — зменшувати кількість їхнього надходження шляхом максимального використання бар’єрних властивостей. Рівень накопичення іонів важких металів рослинами залежить від їхніх генетичних і видових особливостей.

Так, серед сільськогосподарських культур найбільш високий вміст іонів важких металів виявлено в листових овочах і силосних культурах, а найменший — у бобових, злакових і технічних культурах.

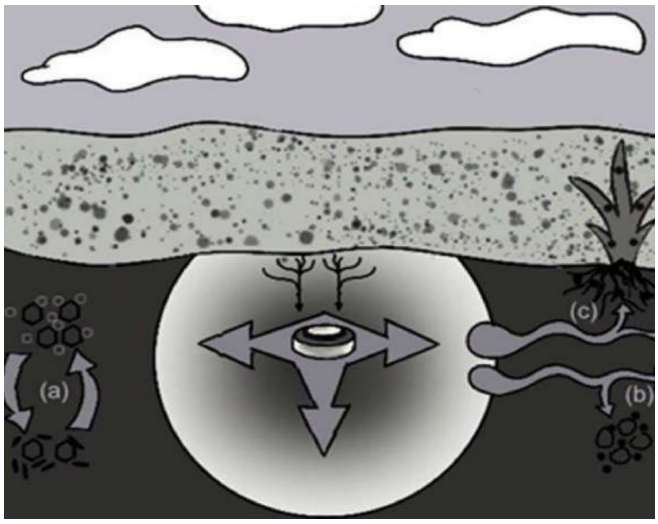

Рис. 1.3. Поведінка сполук вибухових речовин у ґрунтах

Центральний значок позначає нерозірвані боєприпаси, а колір за ним позначає дифузію забруднень. Вода позначена світлими стрілками, а присутність забруднювальних речовин за межами центральної зони дифузії позначена культивованими шестикутниками. Ділянка (А) представляє мікробну взаємодію та метаболізм, (В) сорбцію частинками ґрунту та (С) поглинання та секвестрацію надземними та підземними тканинами рослин

Воєнно-техногенні забруднювачі зазвичай наявні в ґрунті у формі залишків або частинок внаслідок використання боєприпасів і потрапляють у ґрунт шляхом розсіювання. Ці забруднювальні сполуки мають різні рівні розчинності у воді та високу ступінь проникнення в перехідні шари ґрунту. Однак здебільшого ці сполуки мають високі концентрації в приповерхневому шарі ґрунту (до 15 см). Сполуки вибухових речовин при вивільненні контактують із ґрунтом, де вони поглинаються та адсорбуються його частинками (рис.1.3). Тривалість сорбції залежать від структури сполук.

Взаємодія стратегії рослина — забруднювач починається з поглинання забруднювача і зазвичай відбувається через рідке середовище, яке присутнє у ґрунті. Ґрунтовий розчин проникає в коріння рослини без будь-яких перешкод або завдяки великому потоці води під час випаровування. Сполуки вибухових речовин всередині рослини можуть вільно переміщуватись та осідати у рослині. Деякі дослідження свідчать про накопичення потенційно

токсичних рівнів Pb, Cu та Ni в кормових рослинах, що ростуть на колишніх військових полігонах Швейцарії. Певні території Косова, які було сильно обстріляно снарядами з збідненим ураном досі характеризуються підвищеним накопиченням урану в лишайниках.

Як тротил, так і продукти його трансформації дуже токсичні для ґрунтової фауни, хоча види виявляють різну сприйнятливість до цих забруднювачів. Вплив тротилу та інших хімічних боєприпасів може різко пригнічувати мікробну активність ґрунту. Високі концентрації вуглеводнів можуть викликати симптоми отруєння у дощових черв'яків.

Окрім міграції в ґрунтах, токсичні речовини також здатні розсіюватися водою. Наприклад, у прибережних районах Пуерто-Ріко виявили небезпечно високий рівень вибухових сполук, що вимиваються з боєприпасів, а також численні токсичні речовини внаслідок використання різних систем зброї під час військових навчань. Нещодавні дослідження мікроелементного складу морських і наземних рослин у цьому регіоні виявили високі концентрації свинцю. Це свідчить про розсіювання забруднення та біоакумуляцію токсичних речовин у морському харчовому ланцюгу.

Попри те, що наразі є лише нечисельні дослідження воєнно-техногенних впливів, проте наявні незаперечні докази їхніх несприятливих наслідків для здоров'я населення. Дія високих концентрацій важких металів на організм людини призводить до ураження або зміни діяльності найважливіших систем організму — центральної і периферичної нервової системи, кровотворення, внутрішньої секреції тощо. Низка хімічних елементів спричиняє виникнення атеросклерозу, злоякісні новоутворення, впливає на порушення апарату спадковості. Саме тому епідеміологічний моніторинг є важливою складовою комплексної програми дослідження територій воєнно-техногенних впливів.

2. Оцінювання пошкоджених земель на регіональному та місцевих рівня

Військовіконфліктина початку 20-гостоліття, як правило, не мали значного впливу на навколишнє середовище та екосистеми.Тому довгий час питання впливу військових операцій на довкілля не розглядалося і не досліджувалося. Однак деякі історики почали вказувати на негативні аспекти зв'язку між війною та довкіллям. Наприклад, перший зафіксований випадок серйозної шкоди природі стався під час війни між Персією та Скіфією у 512 році до нашої ери. Щоб запобігти перемозі армії перського царя Дарія, скіфи вперше застосували тактику випаленої землі, знищуючи всю рослинність і свої домівки під час відступу. В результаті цих воєнних дій було знищено багато видів флори і фауни [1].

З розвитком людства війна стала більш "витонченою" з точки зору використання сучасної зброї. Як наслідок, з'являється наукова галузь "війна та екологія". Усі війни мають серйозний вплив на екологію території, на якій відбуваються бойові дії. Військові операції мають різні негативні наслідки для довкілля.

Надмірна експлуатація природних ресурсів (переважно нафти, природного газу, вугілля та деревини) призводить до маргіналізації величезних територій, нераціонального використання ресурсів та значного забруднення навколишніх територій. Місця видобутку корисних копалин, уламки обладнання, хімікати, продукти згоряння та високотоксичні види палива значно зменшують площі господарського використаннята завдають шкоди навколишньому середовищу людини. Термін "відлуння війни" був винайдений для опису наслідків війни. Статистика показує, що зазвичай до 10% відпрацьованих боєприпасів залишаються увигляді боєприпасів, що не вибухнули [2]. Під час війни лише в Індокитаї було знайде нопонад 400000 бомб і 2 мільйони снарядів [2]. Як наслідок, люди продовжують гинути і після війни. Через сорок років після закінчення військових дій кожен п'ятий житель В'єтнаму страждає від впливу навколишнього середовища, а понад

мільйон людей у віці до 18 років є інвалідами і страждають від генетичних захворювань.

Бомбові воронки спричиняють ерозію та утворення боліт, які не лише виводять великі площі землі з господарського обігу, але й є середовищем для розмноження комах-переносників хвороб, які можуть передаватися людям і тваринам. На території, де проходила війна у В'єтнамі, налічується 26 мільйонів бомбових вирв [1]. Переміщення величезних мас ґрунту спричиняє зміни біогеохімічного балансу території. Під час Другої світової війни було переміщено 350 млн $м^3$ ґрунту. Дослідження підтвердили, що такі трансформації призводять до руйнування екосистем [1].

Бомбардування та руйнування гідротехнічних споруд є одним з найпоширеніших негативних наслідків. Наприклад, руйнування дамб нацистами під час відступу в Нідерландах призвело до того, що близько 200 000 га землі опинилися під водою [2].

Часто військові операції проводяться на природоохоронних територіях, порушується їх функціонування, знищуються або пошкоджуються культурні та історичні пам'ятки, зменшується біологічне та культурне різноманіття планети [3]. Це стосується не тільки суші, але й моря. Наприклад, підрив 100-кілограмової донної міни в радіусі 44 м призведе до загибелі всієї фауни.

2.1. Характеристика грунтів Донбасу (Сартанська громада) та вплив на них військових дій

Донецький економічний район, до складу якого входять Луганська та Донецька області, традиційно належав до найбільш розвинутих промислових регіонів України. Екологічний стан території Донбасу ще за радянських часів оцінювався як кризовий та належав до зони надзвичайної екологічної ситуації. Ліквідація шахт у межах реструктуризації вугільної промисловості викликала незворотні зміни екологічного стану. Надзвичайна гостра для Донбасу проблема полягає у втраті продуктивних земель унаслідок розвитку

промислової забудови, що спричиняє, зі свого боку, високий рівень забруднення та деградацію ґрунтового покриву.

Війна, що триває на цих територіях із 2014 року, стала причиною нових екологічних загроз у регіоні. Контрастність аномалій воєнно-техногенного походження різко зростає в межах промислових агломерацій та накладається на вже наявне тут техногенне забруднення. Найбільше воєнно-техногенне навантаження на ландшафти характерне для Луганської (Північно-Луганська), Сєвєродонецько-Лисичанської та Торецько-Горлівсько-Єнакіївської промислових агломерацій. Так, ці райони характеризувались значним підвищенням рівнем ртуті, арсену та кадмію у ґрунті, які перевищували гранично допустимі концентрації та фонові значення. У пробах ґрунту також виявили підвищений вміст міді, цинку, нікелю, свинцю, стронцію, хрому, фосфору та барію, як порівняти з контрольними ділянками. Результати аналітичних досліджень вмісту важких металів у ґрунтах воєнних ландшафтів, які одночасно перебувають у зонах воєнно-техногенного навантаження та в зонах впливу промислових об’єктів, свідчать про перевищення регіональних фонових значень вмісту свинцю (35-14000 мг/кг), міді (35-95 мг/ кг, окремі ділянки — 250-330 мг/кг), нікелю (84-300 мг/кг) та інших важких металів (наприклад, манган, хром та цинку Mn, Cr, Zn).

Шляхом порівняння фонових значень показників фізикохімічних властивостей ґрунтів промислових агломерацій Донбасу до початку воєнних дій встановлені закономірні зміни вмісту окремих мікроелементів та важких металів. Вміст важких металів у пробах ґрунту, відібраних на ділянках бойових дій, здебільшого перевищував фонове значення в 3-25 разів. Систематичне перевищення в 3-6 разів спостерігалося щодо ртуті, ванадію та кадмію. У поодиноких пробах, фонові значення перевищувалися у понад сто разів. Як порівняти середні показники валового вмісту важких металів у місцях використання стрілецької зброї, артилерійських і ракетних бомбардувань з фоновими для Донбасу, то найбільші кларки концентрацій відзначені для кадмію, свинцю, міді, цинку, а в окремих випадках ртуті.

До того ж, збільшення площ затоплення і підтоплення під час підйому рівнів підземних вод призводить збільшення рухомості техногенних елементів. Найбільшими показниками рухливості серед високо небезпечних елементів володіє цинк із 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.2.1)

Для ґрунтів у зонах бойових дій також визначено сумарний показник забруднення (Zc) за методикою Ю.Ю. Саєта (1990). У кожній точці відбору ґрунтів за даними аналізу геохімічних проб згідно зі зазначеною вище методикою підрахований сумарний показник хімічного забруднення ґрунтів. Для розрахунку Zc взято середньофоновий вміст хімічних елементів. Коефіцієнт концентрації вираховувався для елементів з вищефоновим вмістом.

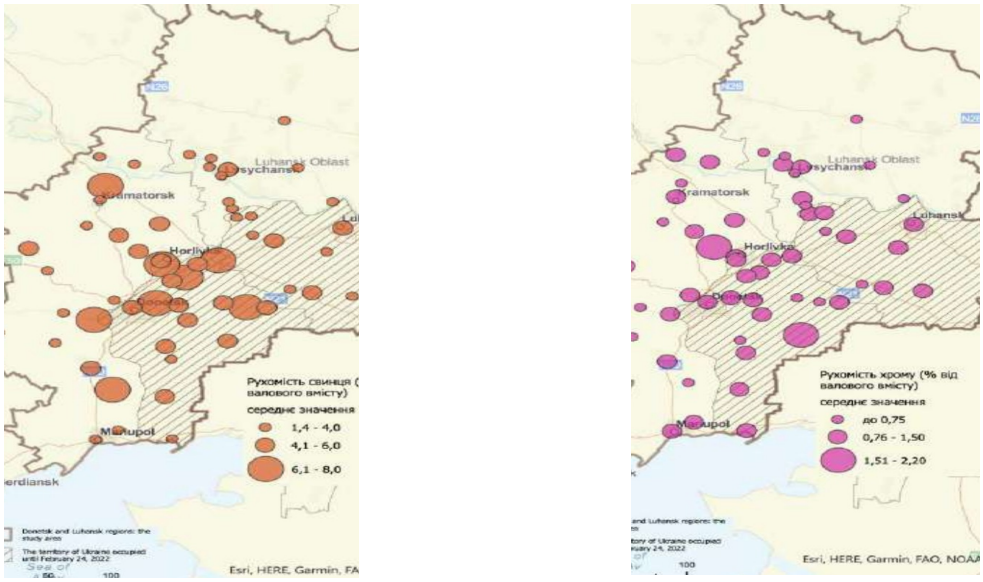

Рис. 2.1. Розподіл рухомих форм свинцю (Pb) і хрому (Cr) у ґрунтах Донбасу (2016-2022 рр.)

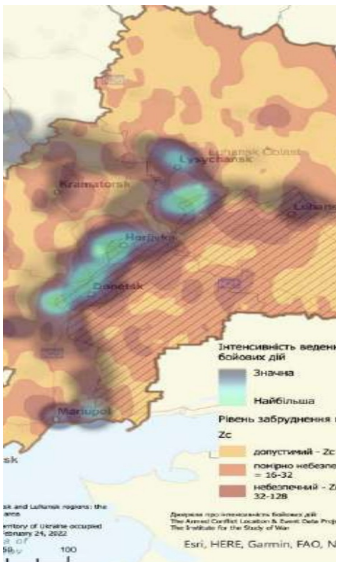

Рис. 2.2. Рівень забруднення ґрунтів Донбасу з сумарним показником забруднення (2016-2022 рр.)

Значення сумарного показника хімічного забруднення Zc змінюється на досліджуваній території в широких межах — від 7,3 до 118,5. Розрахунки сумарного показника забруднення ґрунтів засвідчили, що зони воєнного впливу в межах регіону характеризуються небезпечними рівнями забруднення ґрунтів важкими металами (Zc від 32 до 128), інші зони агломерацій відчувають помірно-небезпечний ступінь забруднення (Zc від 16 до 32). Найменші, допустимі значення сумарного забруднення ґрунтів (Zc до 16) характерні для територій, що окремими ареалами розташовані переважно у північній та північно-східній частині регіону.

Сучасні еколого-геохімічні умови ґрунтового покриву ландшафтів Донбасу внаслідок значних просторово-часових змін природнотехногенних факторів в умовах військового впливу є вкрай складними, що формує високі ризики надзвичайних ситуацій екологічного походження. В умовах інтенсивного військового впливу на ландшафти регіону відбувається підвищення рівня фонових характеристик ґрунтового покриву, посилюються рівні коливання концентрацій токсичних елементів та їх сполук, змінюються закономірності процесів формування хімічного складу ґрунту.

Наслідки бойових дій для земель були детальніше досліджені на прикладі територій –Сартанської громади Донецької області. Обидві громади після початку повномасштабного вторгнення РФ на територію України стали ареною бойових дій різної інтенсивності. Дослідження особливостей ведення бойових дій стали основою для тестування підходів до методики вивчення факторів та наслідків пошкодження земель.

Для дослідження територій громади використані результати дешифрування бойових дій та пов'язаних із ними активностей на основі супутникового знімку: WorldView 341 роздільною здатністю 31 см. Час знімання для Сартанської громади – березень 2022 року. Часові межі для матеріалів космічного знімання, які б могли показати хід бойових дій, визначені на основі відкритих джерел ресурсу The Armed Conflict Location & Event Data Project (ACLED)42, установи, яка спеціалізується на відстеженні та геолокації конфліктів у світі.

Аналіз та оцінювання факторів і наслідків бойових дій для земель складались із різних робочих етапів.

Насамперед варто визначити часові межі ведення бойових дій на досліджуваній території для підбору космічних знімків високої роздільної здатності (<1), які б дали можливість ідентифікувати пошкодження земель. Використання для попереднього оцінювання територій космічних знімків значно ефективніше (економія часу і витрат) і безпечніше ніж польове обстеження. Польове обстеження можливе для більш детального уточнення даних про локалізацію впливів. (рис.2.3)

Рис.2.3. Ідентифікація угідь, пошкоджених бойовими діями

Рис.2.4. Ідентифікація факторів впливу

Аналіз космічних знімків для визначення факторів впливу — бойових дій, які спричиняють негативні наслідки для навколишнього середовища, зокрема для ґрунтів:

- маневри військ, наприклад, переміщення техніки;
- бойові дії — місця активних боїв, обстріли і вибухи;
- інфраструктура (укріплення, траншеї, позиції тощо).

Аналіз факторів впливу, які зафіксовані на досліджуваній території, для визначення наслідків для ґрунтів. Характеристика пошкоджень за типами впливів — механічний, фізичний та хімічний. Прогнозування первинних та

вторинних наслідків для земель із прив’язкою до конкретних ділянок, зокрема:

- хімічний вплив — забруднення ґрунтів хімічними елементами від вибухів (локації бомботурбації, зона 5 метрів від епіцентрів вибуху);
- механічний вплив — засмічення території осколками після вибухів внаслідок обстрілів (до 120 метрів розлітання осколків), рух військової техніки;
- фізичний вплив — теплове забруднення внаслідок пожеж (злитогенез, перепалювання ґрунту), ущільнення ґрунту внаслідок руху військової техніки.

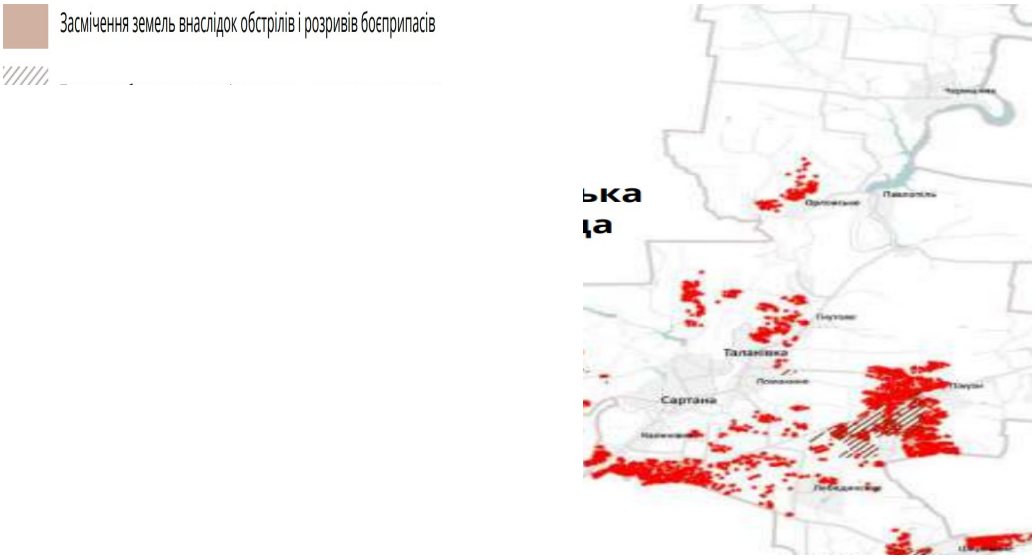

Рис. 2.5. Аналіз типів впливу та наслідків для земель

Оцінювання рівня пошкодження внаслідок певного типу впливу ґрунтів у розрізі угідь. Критерій для оцінки: частка площі ділянки, яка зазнала пошкоджень/забруднення. Рівень пошкодження є ключем до попереднього визначення категорії придатності ділянки до використання, ухвалення рішень щодо доцільності заходів із відновлення.

Наприклад, оцінка засміченості ділянок осколками: чим більша площа засмічена, тим більший рівень пошкодження, тим більше зусиль і коштів слід витратити на очищення (рис. 2.6).

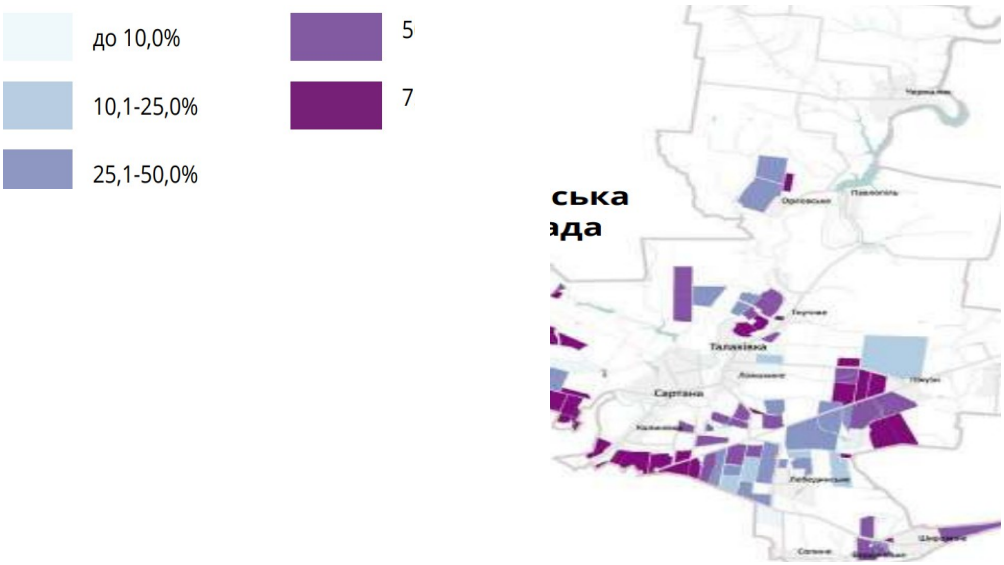

Рис.2.6. Оцінювання рівня пошкодження ґрунтів

Ступінь забруднення хімічними речовинами може бути попередньо визначений на основі інтенсивності обстрілів, які дешифруються із космічного знімку за кількістю кратерів, утворених внаслідок вибухів: чим більша інтенсивність вибухів (кількість і щільність кратерів, тривалі без пауз обстріли), тим більший ступінь хімічного забруднення ґрунтів слід очікувати (рис. 2.7).

Оцінка рівня пошкодження ділянки (рис. 2.8), яка враховує комплекс впливів і наслідків у взаємозв’язку, дає можливість прогнозувати кумулятивні ефекти. Комплексна багатофакторна оцінка дає змогу ухвалити обґрунтоване рішення щодо політики відновлення (консервація, відмова від використання, активні дії із відновлення).

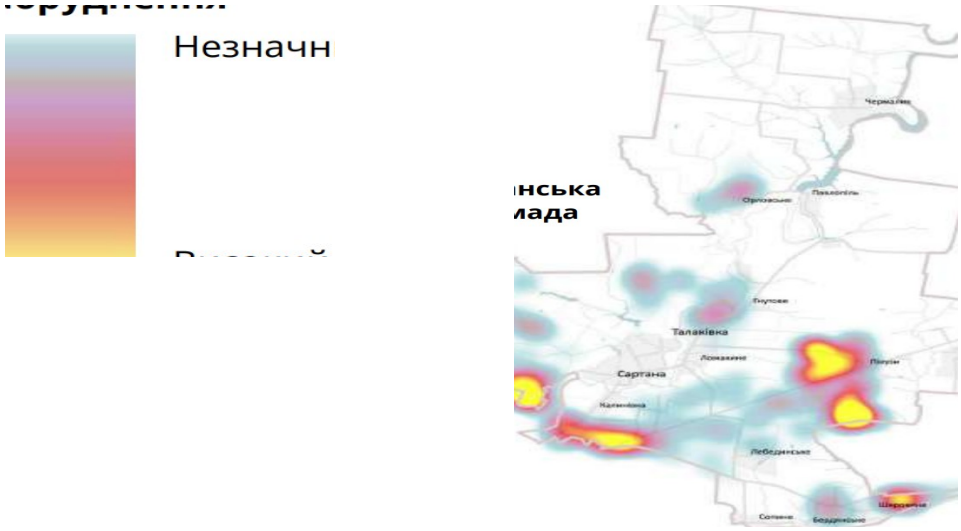

Рис. 2.7. Оцінювання рівня хімічного забруднення ґрунтів

Рис.2.8. Оцінювання рівня хімічного забруднення ґрунтів

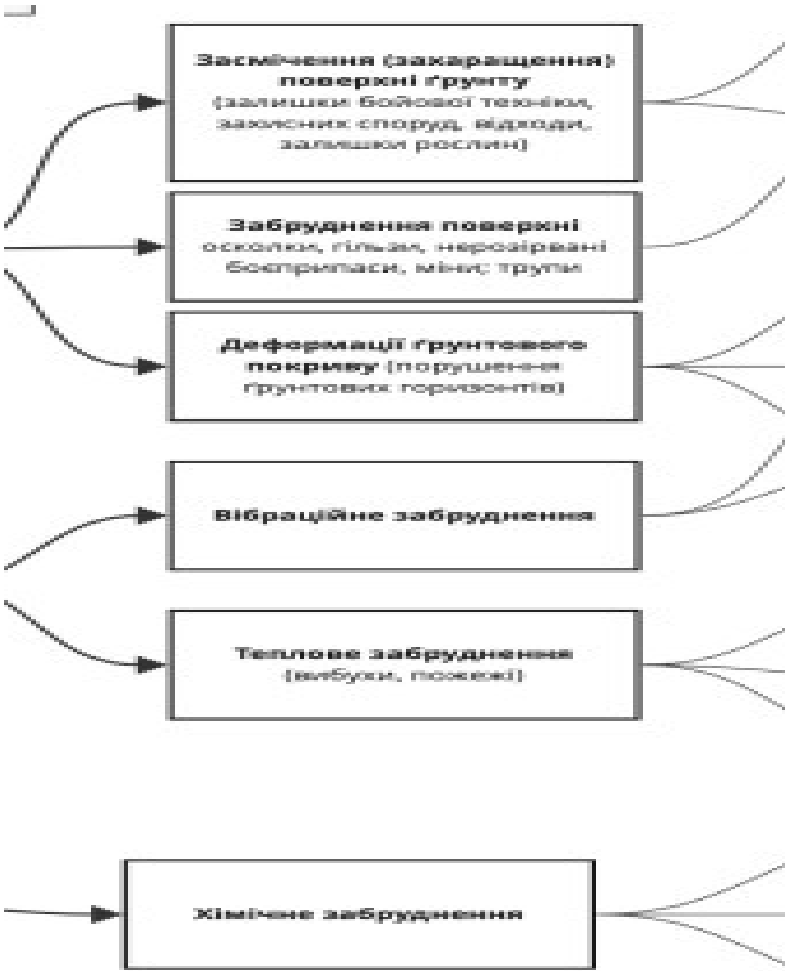

Рис. 2.9. Визначення технологій відновлення у громадах

3. Шляхи відновлення пошкоджених ґрунтів

3.1. Рекомендації щодо відновлення пошкоджених ґрунтів

Рекультивація земель — це процес перетворення забруднених земель у придатну для використання площу через нормалізацію ґрунтових умов та зменшення хімічного впливу на рослини. Вибір технології рекультивації значною мірою залежить від характеру та ступеня забруднення, цільового призначення або використання ділянки, що відновлюється, а також від наявності результативних та економічно ефективних технологій. Фізико-хімічні характеристики ґрунту та кліматичні умови також є важливими питаннями під час вибору методів рекультивації.

Вибір технології очищення, що дає змогу оптимально компенсувати вплив забруднювачів на ґрунти, потребує комплексного розгляду сукупності різних чинників. Головними з цих чинників є потенційні можливості технології вирішити основне завдання — зниження вмісту забруднювальних речовин; витрати на здійснення процесу; доступність і готовність до застосування технології; вплив на навколишнє середовище; тривалість процесу; громадська думка; оцінка масштабності та вартості.

Нині методи обробки забрудненого ґрунту (рис.3.1) включають фізичну, хімічну та біологічну ремедіацію (очищення).

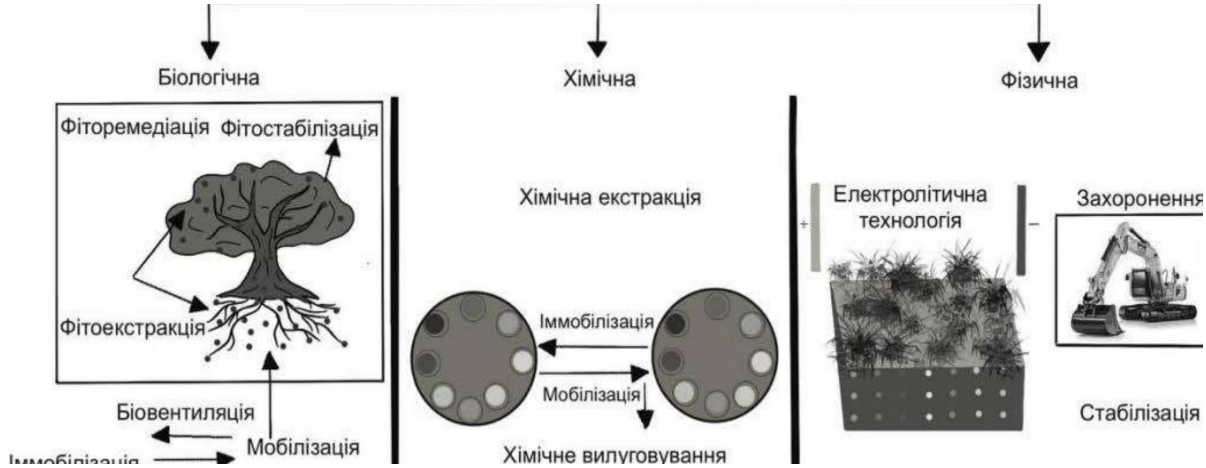

Рис. 3.1. Методи обробки забрудненого ґрунту

Таблиця 3.1

Орієнтовна вартість використання технологій відновлення ґрунтів

Технологія	Орієнтовна вартість
Землеробство	Лабораторні дослідження від 20 000 USD (1 $м^3$), пілотні дослідження від 100 000 USD; Обробка 1 $м^3$ ґрунту до 100 USD.
Стабілізація	Вартість технології з реагентами складає (за 1 $м^3$) 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 забруднювальних речовин і складає 200 USD за 1 $м^3$ при обробці 20000 $м^3$ ґрунту.
Хімічне вилуговування (промивання)	Вартість технології складає від 30 USD до 300 USD за 1 $м^3$ ґрунту з урахуванням типу та концентрації речовин, що входять в склад розчину
Термічна десорбція	Вартість обробки складає від 10 до 70 USD за 1 $м^3$ 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 $м^3$ ґрунту
Хімічне окислення/відновлення	Вартість всього процесу оцінюється в межах від 200 до 500 USD за тонну обробленого ґрунту без врахування затрат на аналітичні дослідження
Захоронення	Вартість 1 т становить від 1000000 USD

Консервація земель — це практика часткового або повного обмеження використання земельної ділянки у господарських цілях на визначений період часу. До консерверації вдаються у випадку, коли використання землі є ані екологічно, ані економічно доцільним, а також коли земельні ділянки отримали техногенне забруднення, на яких неможливо одержувати екологічно чисту продукцію, а перебування людей на цих земельних ділянках є небезпечним для їх здоров’я.

Консверація таких земель передбачає залуження, заліснення або ренатуралізацію з метою відновлення родючих властивостей ґрунту. У землевпорядній науці розрізняють консервацію-реабілітацію — після визначеного терміну перерви земля повертається назад в обробіток, та консервацію-трансформацію, яка означає, що деградовані землі безповоротно вилучаються з ріллі.

Окрім природніх характеристик ґрунту та кліматичних умов, для вибору методики відновлення важливою також є кумулятивна оцінка рівня пошкоджених земель. Комплексне оцінювання за усіма типами забруднень дасть змогу окреслити перелік необхідних заходів для відновлення та позначити категорії придатності до використання земельної ділянки.

3.2. Практичні дії в Україні та світова практика відновлення пошкоджених земель

Зважаючи на серйозність та небезпечність ситуації, Україна вже зараз шукає шляхи вирішення проблеми забруднення ґрунтів, спричиненого війною. Експерти розробляють інструменти та механізми, які дозволять мінімізувати вплив бойових дій у найближчі роки.

Навесні Державна екологічна інспекція створила робочу групу з розробки методики визначення збитків і втрат, завданих природним ресурсам і навколишньому середовищу внаслідок збройної агресії Російської Федерації. До складу робочої групи увійшли понад 60 експертів, науковців та представників творчої інтелігенції, в тому числі члени Національної академії аграрних наук України. На даному етапі члени робочої групи вивчають міжнародний досвід збору доказів та практику міжнародних судів щодо розгляду злочинів з екологічним елементом.

Таблиця 3.2

Пошкодження земель та заходи для покращення їх стану

Рівень пошкодження (% площі ділянки)	Категорії придатності земель	Характеристика забруднених ґрунтів	Використання	Необхідні заходи
Пошкодження дуже низького рівня до 10% площі ділянки	Безумовно придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунті перебуває в межах фонових значень	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	Використання під будь-які культури за умови контролю за якістю сільськогосподарської продукції	Проведення агротехнічних заходів для зменшення 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	Використання під технічні культури без отримання на них продуктів харчування та кормів; Використання під сінокоси і пасовища з нормованим випасом	Фіторемедіація, підбір сільськогосподарських культур, що не накопичують забруднювальні речовини. Проведення агротехнічних заходів.
Пошкодження високого рівня 50-75% площі ділянки	Умовно придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК у більшості досліджуваних забруднювальних речовинах	Використання під культурні пасовища; вирощування ефіроолійних культур	Протиерозійні, гідротехнічні, фізичні та хімічні рекультивації. Виключити вирощування культур для продовольчих цілей.
Пошкодження катастрофічного	Не придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК за всіма показниками	Вилучення із сільськогосподарського	Природне відновлення

рівня 75-100% площі ділянки			використання. Консервація	

По кожному випадку екоциду збираються необхідні вихідні дані та розраховується остаточна цифра збитків. Зокрема, відібрано понад 50 зразків ґрунту, проведено обладнання та лабораторні дослідження. Члени робочої групи Анатолій Кухар та Максим Сорока, співробітники Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського, найближчим часом розроблять методичний документ та процедури визначення збитків, завданих ґрунтам внаслідок бойових дій.

Одним із варіантів відновлення пошкоджених ґрунтів може стати створення "червоних зон" на територіях, де відбувалися інтенсивні бойові дії. Таку концепцію запропонували експерти Української природоохоронної групи (UNCG). На їхню думку, це допомогло б виконати вимоги Закону України "Про охорону земель та запобігання опустелюванню" та Європейської стратегії біорізноманіття на період до 2030 року (30% всіх сільськогосподарських земель мають бути виведені з обробітку).

Експерти ГД ООН наводять приклад Франції, де після Першої світової війни були створені "червоні зони", з яких переселили людей. Понад 1200 км родючих земель у районі Верденської битви (1916) були визнані французькою владою "повністю зруйнованими" і на них було накладено сувору заборону на в'їзд і ведення сільського господарства. З тих пір операції з очищення зменшили площу сильно постраждалих територій до 100 км. З роками територія була відновлена без жодного впливу людини, а кратер, спричинений вибухом, став частиною ландшафту. Після виведення американських військ в'єтнамці побудували рибні ставки в кратерах, спричинених авіаударами. Демілітаризація колишніх військових зон є поширеним явищем у Європі. У Бельгії, Нідерландах і Данії вони включені в екологічний проект "Натура 2000" - мережу природоохоронних територій, що охороняються як зони біорізноманіття. Південна Корея пішла схожим шляхом після війни 1950-1953 років.

4. Міжнародно-правовий захист довкілля у період збройного конфлікту

Питання захисту довкілля під час збройного конфлікту регулюється міжнародним гуманітарним правом (МГП), міжнародним кримінальним правом, міжнародним екологічним правом та міжнародним правом прав людини. Однак, коли виникає конфлікт між МГП та іншими галузями міжнародного права з питання захисту довкілля під час збройного конфлікту, МГП має переважну силу1 .

Міжнародно-правові зобов'язання держав щодо захисту довкілля під час збройного конфлікту містяться як у звичайних природоохоронних договорах, так і в спеціальних конвенціях, застосування яких обумовлено наявністю збройного конфлікту. Для того, щоб розібратися в деталях першої групи договорів, слід звернути увагу на загальні принципи впливу війни на міжнародні договори. Припинення дії міжнародних договорів з початком війни є скоріше винятком, ніж принципом: з тлумачення положень Віденської конвенції про право міжнародних договорів 1969 року про неможливість виконання та докорінну зміну обставин (статті 61 та 62) зрозуміло, що для договорів (у тому числі екологічних), сторонами яких сторони збройного конфлікту стають у мирний час, війна є автоматичним припиненням Видно, що вона не є подією. Цей висновок підтверджується в проекті статті про вплив збройного конфлікту на міжнародні договори, опублікованому Комісією міжнародного права ООН у 2011 році. Стаття 7 містить посилання на орієнтовний перелік договорів на предмет продовження операцій під час збройного конфлікту, який включає договори про міжнародний захист навколишнього середовища.

Більшість багатосторонніх природоохоронних угод не містять положень про їх застосування під час збройних конфліктів. Конвенція має звичаєвий характер, у статті 29 якої зазначено, що міжнародні водотоки і пов'язані з ними об'єкти охороняються принципами і нормами міжнародного

права, що застосовуються до міжнародних і неміжнародних збройних конфліктів, а в статті 11(4) Конвенції передбачено створення Списку всесвітньої спадщини, що перебуває під загрозою, і перераховано небезпеку збройного конфлікту як одну із загроз. У ній ризик збройного конфлікту перераховано як одну із загроз.

Норми МГП, в тому числі ті, що стосуються захисту довкілля, призначені для застосування під час збройних конфліктів. Такі норми містяться в конвенціях МГП, Додатковому протоколі I від 8 червня 1977 року до Женевських конвенцій від 12 серпня 1949 року про захист жертв міжнародних збройних конфліктів (далі - ДП I) (статті 35 і 55), Конвенції про заборону військового чи іншого ворожого використання засобів впливу на природне середовище 1977 року (Конвенція про заборону військового та іншого шкідливого впливу на природне середовище (1977 р.) та ін. Питання притягнення до відповідальності за порушення МГП регулюється міжнародним кримінальним правом, насамперед Римським статутом Міжнародного кримінального суду (ст. 8).

Звичай міжнародного гуманітарного права включає зобов'язання держав захищати навколишнє середовище під час збройних конфліктів. Існування відповідного міжнародного звичаю підтверджується дослідженням Міжнародного комітету Червоного Хреста (МКЧХ) щодо звичаїв міжнародного гуманітарного права (Правила 43-45) МКЧХ затвердив Правила 42 і 43, які застосовуються до збройних конфліктів міжнародного і неміжнародного характеру, Правила 44 і 45, які застосовуються до збройних конфліктів міжнародного характеру і і Правило 45, що застосовується до збройних конфліктів спірного неміжнародного характеру, визнані як звичаєві.

Норма 43 встановлює, що загальні принципи війни застосовуються до навколишнього середовища. Зокрема.

А) природне середовище не може бути об'єктом нападу, за винятком випадків, коли воно є воєнною ціллю;

Б) знищення будь-якої частини природного середовища забороняється, за винятком випадків нагальної військової необхідності; і

С) напади на військові об'єкти заборонені, якщо очікується, що вони завдадуть надмірної супутньої шкоди навколишньому середовищу порівняно з конкретними і прямими військовими вигодами, що очікуються.

Згідно з нормою 44, використання певних методів і засобів ведення війни повинно враховувати вимоги щодо захисту і збереження навколишнього середовища. Під час проведення військових операцій слід вживати всіх практичних заходів обережності, щоб уникнути або в будь-якому випадку звести до мінімуму випадкову шкоду навколишньому середовищу. Відсутність точних наукових знань про вплив конкретної військової операції на навколишнє середовище не звільняє сторони конфлікту від вжиття таких запобіжних заходів.

Держави визнають, що навколишнє середовище має бути захищене для загального блага. Метою принципу обережності є передбачення і запобігання шкоди навколишньому середовищу. Якщо військові операції можуть спричинити серйозну і незворотну шкоду, відсутність повної наукової визначеності не може бути причиною для відкладення застосування заходів, які могли б запобігти такій шкоді.

За умови дотримання правила 45, застосування методів або засобів ведення війни, які мають на меті або, як очікується, можуть завдати широкої, тривалої і серйозної шкоди природному середовищу, забороняється. Руйнування природного середовища не повинно використовуватися як зброя.

Сторони конфлікту повинні дотримуватися цього Кодексу і уникати застосування методів і засобів ведення війни, які можуть знищити або пошкодити навколишнє середовище. Крім того, це положення відображає домовленість міжнародної спільноти про те, що саме природне середовище не повинно використовуватися як зброя війни. Таким чином, як засіб знищення забороняється навмисний вплив на природне середовище, що має широкомасштабні, довгострокові або тяжкі наслідки.

У правилі 42 зазначено, що під час нападів на об'єкти підвищеної небезпеки, зокрема греблі, дамби, дамби, атомні електростанції та інші об'єкти, розташовані поблизу або в безпосередній близькості від цих об'єктів, необхідно дотримуватися особливої обережності, щоб уникнути вивільнення небезпечних сил або надмірних жертв серед цивільного населення під час таких нападів.

Наразі на порядку денному Комісії міжнародного права ООН стоїть питання кодифікації звичаєвих норм МГП, що стосуються захисту довкілля під час міжнародних та неміжнародних збройних конфліктів. У доповіді редакційного комітету Комісії вже сформульовано низку принципів, які вказують на обов'язковість застосування звичаєвих норм МГП, таких як принцип обережності нападу, розрізнення та пропорційності, а також правило військової необхідності, до захисту довкілля під час збройних конфліктів. Водночас, екологічні міркування слід брати до уваги при оцінці того, що є необхідним і пропорційним при досягненні законних військових цілей. Важливим висновком є те, що сфера застосування проекту майбутніх принципів повинна бути поширена на неміжнародні збройні конфлікти.

Після війни в Перській затоці МКЧХ і Генеральна Асамблея ООН оголосили про застосування звичаєвих гуманітарних принципів, наприклад, Печери Мартенса, до захисту навколишнього середовища під час збройних конфліктів. Крім того, МКЧХ виступив за застосування принципу обережності, одного з ключових принципів міжнародного екологічного права, до захисту навколишнього середовища під час збройних конфліктів

Женевські конвенції від 12 серпня 1949 року і Додатковий протокол I про захист жертв міжнародних збройних конфліктів (AP I) від 8 червня 1977 року містять положення (статті 35 і 55), безпосередньо спрямовані на захист навколишнього середовища під час міжнародних збройних конфліктів. Відповідно, стаття 35(3) забороняє застосування методів або засобів ведення війни, які мають на меті або, як очікується, можуть завдати широкої, довготривалої та серйозної шкоди навколишньому природному середовищу.

Стаття 55 "Захист природного середовища" передбачає, що "1. під час ведення воєнних дій необхідно дбати про захист природного середовища від широкої, довготривалої і серйозної шкоди". Такий захист включає заборону застосування методів або засобів ведення війни, які мають на меті або, як очікується, можуть завдати такої шкоди навколишньому природному середовищу і тим самим поставити під загрозу здоров'я або виживання населення. Заподіяння шкоди природному середовищу у відповідь забороняється".

Обидві статті забороняють застосування методів або засобів ведення війни, які призначені або можуть завдати широкої, довготривалої та серйозної шкоди навколишньому природному середовищу. Ці статті відрізняються тим, що, по-перше, стаття 35 забороняє навмисне застосування методів і засобів ведення війни, які можуть завдати шкоди навколишньому середовищу (ця стаття розміщена в частині III ДП I, яка регулює методи і засоби ведення війни і містить пряму заборону на певні методи і засоби), тоді як стаття 55 відрізняється тим, що забороняє навмисне застосування методів і засобів ведення війни, які можуть завдати шкоди навколишньому середовищу; 55 накладає на держави зобов'язання дбати про захист навколишнього середовища під час збройного конфлікту (ця стаття розміщена в Частині IV, яка регулює статус цивільних осіб і цивільних об'єктів, і є, насамперед, проявом "обов'язку дбати"); і по-друге ст. 35 спрямована на захист конкретного об'єкта - довкілля - з огляду на його важливість і внутрішню цінність, а ст. 55 - на захист довкілля в тій мірі, в якій це необхідно для захисту і оборони цивільних осіб, які є жертвами війни.

Для того, щоб бути притягнутим до відповідальності за порушення вимог щодо захисту довкілля, передбачених ПП I, необхідно одночасно виконати три умови: шкода має бути великомасштабною, довготривалою та серйозною. Однак поняття "масштабна, довготривала і серйозна шкода" не визначено в ДНЗВ; з підготовчого документа, який використовується для тлумачення ПД I, та доктринальної думки випливає, що шкода для цілей ПД I

вважається масштабною, якщо вона охоплює площу приблизно 20 000 квадратних кілометрів, довготривалою - якщо вона триває протягом серйозною - якщо вона триває десятиліттями - і шкідливою для здоров'я та виживання населення.

Думка про те, що шкода, заподіяна на полі бою під час війни в результаті застосування звичайної зброї, не підпадає під дію статей 35(3) і 55 ДП I, є дискусійною. Подальше використання зброї є неможливим через небезпеку, пов'язану з вибуховими ефектами війни.

Вузьке тлумачення статей 35(3) і 55, яке переважало в 1977 році, зараз вважається застарілим, зазначає Ерік Девід.

Те, що наслідки нападу не підпадають під визначення "значної і тривалої серйозної шкоди", не означає, що він є законним, оскільки може порушувати інші принципи МГП (пропорційності, розрізнення, гуманності і військової необхідності).

Інші положення ПП I спрямовані на захист довкілля лише опосередковано, насамперед шляхом захисту цивільного населення та цивільної власності від наслідків війни.

Відповідно до статті 51(1), цивільне населення та окремі цивільні особи користуються загальним захистом від небезпек, що виникають у зв'язку з воєнними діями. Для того, щоб реалізувати цей захист, на додаток до інших застосовних норм міжнародного права, необхідно за будь-яких обставин дотримуватися наведених нижче правил. Стаття 51(4) забороняє напади недискримінаційного характеру. До них відносяться, зокрема

a) напади, не спрямовані на конкретні військові об'єкти;

b) напади із застосуванням методів або засобів ведення війни, які не можуть бути спрямовані проти конкретної військової цілі; і

(c) напади із застосуванням методів або засобів ведення війни, наслідки яких не можуть бути обмежені, як того вимагає ДП I, і які, таким чином, у будь-якому випадку атакують військові об'єкти і цивільні або цивільні об'єкти без розрізнення.

Стаття 52 забезпечує загальний захист цивільних об'єктів, які можуть включати певні компоненти або об'єкти навколишнього середовища. Так, згідно зі статтею 52(1), "цивільні об'єкти не підлягають нападу або репресіям. Цивільними об'єктами є всі об'єкти, які не є військовими цілями...". Це передбачає, що Напади повинні бути суворо обмежені військовими цілями (стаття 52(2)). До військових об'єктів належать об'єкти, які за своєю природою, розташуванням, призначенням або використанням роблять ефективний внесок у воєнні дії і знищення, захоплення або нейтралізація яких, повністю або частково, надасть очевидну військову перевагу за обставин, що існують на той час (стаття 52(3)).

Стаття 54 забороняє напади на об'єкти, необхідні для виживання цивільного населення (включаючи сільськогосподарські території, посіви, худобу, об'єкти і запаси питної води та іригаційні споруди) (стаття 54(2)). За певних обставин стаття 54 не забороняє політику "випаленої землі", якщо вона проводиться воюючою стороною в межах її контролю над власною територією. Однак, політика випаленої землі не повинна завдавати "значної, постійної і серйозної шкоди навколишньому середовищу", що прямо не зазначено, але має розглядатися як частина спільної спадщини людства.

Стаття 56 передбачає особливий захист установок і споруд, що містять небезпечні сили (дамби, насипи, атомні електростанції), навіть якщо ці об'єкти є військовими цілями, якщо ворожий напад може призвести до вивільнення небезпечних сил і спричинити значні жертви серед цивільного населення. Міжнародний Комітет Червоного Хреста висловив свою позицію, що ця стаття застосовується до нафтопереробних і хімічних заводів.

Стаття 57 зобов'язує сторони міжнародного збройного конфлікту вживати запобіжних заходів для захисту цивільних об'єктів у разі нападу; стаття 58 зобов'язує їх вживати запобіжних заходів щодо наслідків нападу; статті 59 і 60 передбачають спеціальний захист районів, що не обороняються, і неозброєних районів; стаття 60 передбачає спеціальний захист неозброєних районів; а стаття 61 передбачає спеціальний захист неозброєних районів.

Свого часу Міжнародний союз охорони природи закликав до прийняття Конвенції про заборону воєнних дій на територіях, що охороняються, яка була розроблена після війни в Перській затоці 1990-1991 років. У разі її ухвалення Рада Безпеки ООН отримала б повноваження визначати такі природоохоронні території. Також при розробці ПД I була пропозиція включити положення про спеціальну охорону територій, що мають особливе екологічне значення, але це так і не було реалізовано.

Серйозні порушення в розумінні статті 85 Женевських конвенцій та ДП I не включають шкоду навколишньому середовищу. Однак, згідно зі статтею 91, сторона конфлікту, яка порушує положення Женевських конвенцій або ПП I, повинна відшкодувати завдану шкоду, якщо є підстави для такого порушення.

Женевська конвенція про захист цивільного населення під час війни від 12 серпня 1949 року містить положення про заборону знищення рухомого і нерухомого майна окупаційною владою (стаття 53), яке може бути використане для притягнення відповідної держави до відповідальності за знищення природних об'єктів.

Відповідно до статті 55 Положення про закони і звичаї сухопутної війни 1907 року (IV Гаазька конвенція), держава-окупант повинна визнавати права управління і користування лише щодо громадських будівель, нерухомості, лісів і сільськогосподарських угідь, що знаходяться на території. Окупаційна держава зобов'язана підтримувати фундаментальну цінність цих об'єктів і управляти ними відповідно до правил користування.

Таким чином, сучасне МГП передбачає зобов'язання з боку держави-окупанта, в тому числі щодо захисту природних і культурних об'єктів.

Другим договором, який застосовується не лише у випадку збройного конфлікту, про який йдеться у Женевських конвенціях, але й за відсутності такого конфлікту, є Конвенція про заборону військового чи іншого ворожого використання засобів впливу на природне середовище 1977 року (Конвенція про заборону впливу на природне середовище). Сторони Конвенції

зобов'язалися не вдаватися до військового або іншого ворожого використання засобів впливу на природне середовище, які мають широкомасштабні, довгострокові або тяжкі наслідки, як засобу знищення, пошкодження або заподіяння шкоди іншим Сторонам (стаття 1(1)). Згідно з текстом статті 1, використання заходів впливу на навколишнє середовище забороняється, якщо одночасно виконуються наступні три умови: якщо таке використання є ворожим; якщо воно спричиняє знищення, пошкодження або шкоду іншій державі-учасниці; і якщо воно має широкомасштабні, довгострокові або серйозні наслідки. Остання вимога, на відміну від ПД I, не є кумулятивною. Тобто для порушення справи достатньо лише одного з перелічених наслідків (або широкомасштабних, або довгострокових, або серйозних). Слід зазначити, що відмінності між ПД I та Конвенцією ENMOD у формулюваннях відповідних положень не є випадковими і були свідомо закладені під час підготовки обох документів.19 Крім того, стаття 35(3) Протоколу спрямована на захист довкілля як такого, в той час як Конвенція ENMOA забороняє використання довкілля як зброї. Конвенція ENMOA забороняє використання довкілля як зброї.

Загалом, методи захисту довкілля, передбачені Конвенцією, є "сильнішими", ніж ті, що передбачені ПД I. У Пояснювальному документі до Конвенції визначено умови значного, довготривалого та суттєвого впливу, про які йдеться у статті 1. Таким чином, вплив розглядається як

1) Широкомасштабними: якщо вони охоплюють територію в кілька сотень квадратних кілометрів;

2) довготривалими: якщо вони тривають кілька місяців або сезон (нагадаємо, що в підготовчому документі до УА I вказано період у кілька десятиліть); та

3) Серйозні: що призводять до серйозних або значних порушень і завдають серйозної або значної шкоди здоров'ю людей, природним ресурсам, економічним ресурсам та іншим багатствам.

Водночас, термін "вплив на навколишнє середовище", який використовується в Конвенції ENMOD, означає будь-який засіб зміни динаміки, складу або структури Землі або космічного простору, включаючи біоту, літосферу, гідросферу та атмосферу, шляхом свідомого управління природними процесами (ст. 2 Конвенції). Перелік явищ, які можуть бути наслідком використання агентів впливу на навколишнє середовище, наведено в Пояснювальному документі до Конвенції. Це землетруси, цунамі, порушення екологічної рівноваги в окремих регіонах, зміна атмосферних умов (хмарності, опадів, циклонів, штормів), зміна кліматичних умов, океанічних течій, стану озонового шару та іоносфери. Таким чином, Конвенція має досить обмежену сферу регулювання. На відміну від неї, ПД I забороняє вдаватися до будь-яких засобів, включаючи управління природними явищами, які можуть завдати серйозної шкоди навколишньому середовищу, тобто має значно ширшу сферу дії.

Положення цієї Конвенції також застосовуються за відсутності збройного конфлікту. У таких випадках винними вважаються як нападник, який застосовує заборонену технологію, так і захисник, який також використовує таку технологію. Конвенція не забороняє використання засобів впливу на навколишнє середовище в мирних цілях (наприклад, для боротьби зі зміною клімату або виснаженням озонового шару).

Після війни в Перській затоці, на прохання Йорданії, Генеральна Асамблея ООН додала питання "захисту навколишнього середовища під час збройного конфлікту" до порядку денного своєї 56-ї сесії. Як одна з найбільш постраждалих країн, Йорданія стверджувала, що Конвенція 1977 року є недостатньою для вирішення цих питань і що Генеральна Асамблея ООН повинна розглянути можливість прийняття нової Конвенції. Однак Шостий комітет вирішив, що немає сенсу розробляти новий інструмент і що зусилля держав повинні бути спрямовані на реалізацію існуючих угод. В результаті Генеральна Асамблея ООН лише в 1992 році прийняла резолюцію 47/37, яка підтвердила висновки Комітету з цього питання.

Висновки

Війна Росії проти України з 2014 року завдала серйозної шкоди ґрунтовому середовищу, спричинивши широкомасштабну і довгострокову деградацію довкілля; повномасштабне вторгнення з 24 лютого 2022 року загострило проблему деградації ґрунтів, причому інтенсивність бойових дій у деяких районах була високою, а землі безпосередньо постраждали від військових дій Безпека використання земель була поставлена під сумнів.

Хоча війна ще триває, ми вже можемо підтвердити, що бойові дії мають значний негативний вплив на здоров'я та продуктивність ґрунтів. Кратери від авіаударів та артилерійських обстрілів, заміновані території, знищена військова важка техніка, витоки нафти, обвуглені ділянки від пожеж та зсувів - це основні маркери, які сигналізують про сильний вплив на стійкість ґрунту. Порушення ґрунтового покриву призводить до серйозних соціально-економічних наслідків як на місцевому, так і на національному рівні.

В ході нашої роботи ми

1. Вивчили класифікації ґрунтів та визначили основні типи впливу

2. Оцінили стан ґрунтів на досліджуваній території

3. Запропонували методи та технології для зменшення негативного впливу на ґрунти

4. Вивчили орієнтовні витрати на застосування методів відновлення ґрунтів.

Список використаної літератури

1. Бровдій В.М. Закони екології (соціально-економічні, геофізичні, геохімічні) / В.М. Бровдій, О.О. Гаца. – К.: НПУ, 2003. – 179 с.
2. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л.І., Шимель В.В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. Вісник аграрної науки. 2017. № 8. С. 5-11.
3. Hupy, J.P., Schaetzl, R.J., 2006. Introducing “bombturbation”, a singular type of soil disturbance and mixing. Soil Sci. 171, 823–836.
4. Takahashi, K., Preetz, H., Igel, J., 2011. Soil properties and performance of landmine detection by metal detector and ground-penetrating radar — soil character-isation and its verification by a field test. J. Appl. Geophys. 73, 368–377.
5. Волошина Н.О. Загальна екологія та неоекологія: навчальний посібник. / Н.О. Волошина. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2015. – 341 с.
6. Gillies, J.A., Kuhns, H., Engelbrecht, J.P., Uppapalli, S., Etyemezian, V., Nikolich, G., 2007. Particulate emissions from U.S. Department of Defense artillery back-blast testing. J. Air Waste Manag. Assoc. 57 (5), 551–560. https://doi.org/10.3155/1047-3289.57.5.551
7. Weber, A.K., Bannon, D.I., Abraham, J.H., Seymour, R.B., Passman, P.H., Lilley, P.H., Parks, K.K., Braybrooke, G., Cook, N.D., Belden, A.L., 2020. Reduction in lead exposures with lead-free ammunition in an advanced urban assault course. J. Occup. Environ. Hyg. 17 (11–12), 598–610. https://doi.org/10.1080/ 15459624.2020.183637
8. Dimitrios Kalderis, Albert L. Juhasz, Raj Boopathy, and Steve Comfort. Soils contaminated with explosives: Environmental fate and evaluation of state-ofthe- art remediation processes (IUPAC Technical Report) Pure Appl. Chem., Vol. 83, No. 7, pp. 1407–1484, 2011. doi:10.1351/PAC-REP-10-01-05
9. Прикладне ландшафтознавство : історія, сучасність, перспективи: матеріали Всеукраїнського наукового семінару пам’яті професора Анатолія

Мельника (Львів – Ворохта, 6-9 жовтня 2022 року). – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. – 55 с.

10. Meng, C., Li, M., Li, Q., Hu, Y., Li, Y., 2018. Characterizing the spatio-temporal exposure and health risks of polycyclic aromatic hydrocarbons in an oilfield, China. Hum. Ecol. Risk Assess. 24 (4), 971-990.

11. Khan, K.Y., Ali, B., Stoffella, P.J., Feng, Y., Cui, X., Guo, Y,, Yang, X., 2020. Bioavailability and bioaccessibility of Cd in low and high Cd uptake affinity cultivais of Brassica rapa ssp. Chinensis L. (Pakchoi) using an In vitro gastrointestinal and physiologically-based extraction test. Commun. Soil Sci. Plan 51 (1), 28-37.

12. Волошина Н.О. Екологічна епідеміологія та епізоотологія / Н.О. Волошина, О.М. Лазебна, В.П. Покась. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2015. – 233 с.

13. Волошин О.Г. Еколого-епідемічні наслідки військових дій // Матеріали науково-практичної конференції «Екологічні наслідки військових дій» (17-18 квітня 2018 р.), Київ: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2018. – С. 76-78.

14. Волошин О.Г. Кліматичні зміни у поширенні емерджентних хвороб / Матеріали студентської звітно-наукової конференції «Освіта та наука у вимірах XXI століття (3-7 квітня 2017 р.). – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова. – 2017. – Вип. 7. – С. 156-158.

15. Волошин О.Г., Волошина Н.О., Шевченко В.Г. Екологічна ефективність України: проблеми і перспективи / Міжнародна науково-методична конференція «Критичний підхід у викладанні природничих дисциплін» // Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова (Київ, 14 листопада 2018 року). – 2018. – С. 18-25.

16. Екологічна безпека: Підручник / В.М. Шмандій, М.О.Клименко, Ю.С. Голік та ін. – Херсон: Олді-плюс, 2013. – 366 с.

17. 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.

18. 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

19. Baraquoni, N.A., Qouta, S.R., VËanskËa, M., Diab, S.Y., PunamËaki, R.L., Manduca, P., 2020. It takes time to unravel the ecology of war in Gaza, Palestine: long-term 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

20. Manduca, P., Al Baraquni, N., Parodi, S., 2020. Long term risks to neonatal health from exposure to war-9 Years long survey of reproductive health and contamination by weapon-delivered heavy metals in Gaza, Palestine. Int. J. Environ. Res. Publ. Health 17 (7), 2538. https://doi.org/10.3390/ijerph17072538

21. 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

22. Бардик Ю. В. Еколого-гігієнічні та токсикологічні проблеми життєдіяльності / Ю. В. Бардик, О. О. Бобильова // Сучасні проблеми токсикології. – 2005. – № 4. – С. 33-36. 18 Вадзюк С. Н. Медико-екологічні проблеми в сучасних умовах / С. Н. Вадзюк, О. Є. Федорців // Збалансований розвиток країни – шлях до здоров'я і добробуту нації: матеріали Українського екологічного конгресу, 21 вер. 2007 р. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2007. – С. 41-44.

23. Billett M.F., Fitzpatrick E.H., Crisser M.S. Long-term changes in the Cu, Pb and Zn content of forest soil organic horizons from North-east Scotland. Water, Air and Soil pollution, 1991, V. 59, N1-2, c.179-191.

24. Fayiga, A.O., 2019. Remediation of inorganic and organic contaminants in military ranges. Environ. Chem. 16 (2), 81-91.

25. Rylott, E.L., Bruce, N.C., 2019. Right on target: using plants and microbes to remediate explosives. Int. J. Phytoremediation 21 (11), 1051-1064.

26. Singh, S.N., Mishra, S., 2014. Phytoremediation of TNT and RDX. In: Singh, S.N. (Ed.), Biological remediation of explosive residues. Springer, Cham, pp. 371–392.

27. Ghosh, M., Singh, S., 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by-products. Appl. Ecol. Environ. Res 3, 1–18.

28. Pilon-Smits, E.A., 2005. Phytoremediation. Annu. Rev. Plant. Biol. 56, 15–39.

29. Robinson, B.H., Bischofberger, S., Stoll, A., Schroer, D., Furrer, G., Roulier, S., Gruenwald, A., Attinger, W., Schulin, R., 2008. Plant uptake of trace elements on a Swiss military shooting range: uptake pathways and land management implications. Environ. Pollut. 153 (3), 668–676. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.08.034

30. Di Lella, LA., Fran, L, Loppi, S., Protano, G., Riccobono, F., 2003. Lichens as of uranium and other trace elements in an area of Kosovo heavily with depleted uranium rounds. Atmos. Environ. 37 (38), 5445-5449

31. Міжнародне гуманітарне право. Довідник з питань міжнародно-правового захисту довкілля у період збройного кофлікту / М. О. Медведева, М. М. Гнатовський, Т. Р. Короткий. – Одеса: Фенікс, 2016.

32. Draft articles on the effects of armed conflicts on treaties, with commentaries 2011 // Yearbook of the International Law Commission. – 2011. – Vol. II, Part Two. – Mode of access: http://legal.un.org/ilc/texts/instruments/english/commentaries/1_10_2011.pdf

33. Dellapenna J.W. The customary international law of transboundary fresh waters // International Journal of Global Environmental Issues. – 2001. – Vol. 1, Nos. 3-4. – P. 264–305.

34. Звичаєве міжнародне гуманітарне право. Норми // Український часопис міжнародного права. – 2006. – № 2. – С. 7–16.

35. Принцип необхідності вимагає, щоб сторони збройних конфліктів вживали лише тих заходів, які є необхідними для досягнення військової перемоги. Порушення зазначеного правила під час військових конфліктів як міжнародного, так і неміжнародного характеру вважається воєнним злочином відповідно до Римського статуту Міжнародного кримінального суду (ст. 8(2)(в)(XIII); 8(2)(е)(XII)).

36. Принцип співмірності (пропорційності) в МГП означає, що конкретна і безпосередня військова перевага, здобута в результаті воєнної операції, повинна переважати випадкову шкоду, завдану в її ході цивільним особам та цивільним об'єктам. Іншими словами, слід уникати будь-яких зайвих, тобто не викликаних необхідністю досягнення законної воєнної мети, людських втрат і руйнування матеріальних цінностей. (Хенкертс Ж.-М., Досвальд-Бек Л. Обычное международное гуманитарное право. Нормы [Электрон. ресурс] // Международный Комитет Красного Креста. – Режим доступа : https://www.icrc.org/rus/assets/files/other/customary.pdf)

37. Second report on the protection of the environment in relation to armed conflicts, Submitted by Marie G. Jacobsson, Special Rapporteur, International Law Commission, Sixty-seventh session, Geneva, 4 May-5 June and 6 July- 7 August 2015, A/CN.4/685. – P. 49, 52, 53.

38. Додатковий протокол до Женевських конвенцій від 12 серпня 1949 року, що стосується захисту жертв міжнародних збройних конфліктів (Протокол I), від 8 червня 1977 року [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/995_199/print1478683605283733.

39. Іващенко О. В. Оцінка ризику перебування військовослужбовців на загальновійськовому полігоні Збройних Сил України. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2014. № 2. С. 134–141.

40. Орел С. М., Іващенко О. В. Поетапна оцінка ризику впливу на людину забруднення довкілля внаслідок військової діяльності. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2018. № 2. С. 61–72.

41. Орел С. М., Іващенко О. В., Мальований М.С Парадигма оцінки екологічного ризику у військовій сфері. Вісник Кременчуцького нац. ун-ту. 2011. № 2 (67), ч.1. С. 131–136.

42. Орел С. М., Іващенко О. В. Управління екологічною безпекою військ за допомогою оцінки екологічного ризику. Збірка тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ» (Львів, 14–16 травня 2014). Львів, 2014, С. 236–237.