

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри загальної
екології, радіобіології та безпеки
життєдіяльності

_____ Алла КЛЕПКО
(підпис)

«_____» _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Вплив воєнних дій на екологічний стан ґрунтів Київської області»

Спеціальність 101 Екологія

Гарант освітньої програми

Доктор педагогічних наук,
професор кафедри
загальної екології,
радіобіології та безпеки
життєдіяльності

(підпис)

Володимир БОГОЛЮБОВ

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Кандидат
сільськогосподарських
наук, доцент кафедри
загальної екології,
радіобіології та безпеки
життєдіяльності

(підпис)

Олена РАКОЇД

Виконав

(підпис)

Ярослав КРОХАН

КИЇВ - 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної
екології, радіобіології та безпеки
життєдіяльності

_____ Алла КЛЕПКО
« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Крохану Ярославу Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність _____ 101 «Екологія» _____
(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Вплив воєнних дій на екологічний стан ґрунтів Київської області» затверджена наказом ректора НУБіП України від “29” жовтня 2024 р. №1939 «С».

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 20 травня 2025 р.
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи законодавчі акти, навчальна та наукова література, статистичні матеріали, звіти та оперативні матеріали, публікації наукових установ, результати власних досліджень.

Перелік питань, які потрібно розробити: 1) проаналізувати сучасні наукові публікації та дослідження щодо джерел та видів воєнно-техногенного впливу на довкілля; 2) узагальнити інформацію щодо надходження шкідливих речовин та наслідків забруднення ґрунту внаслідок воєнних дій; 3) здійснити порівняльний аналіз екологічного стану ґрунтів Київської області внаслідок мілітарного впливу; 4) обґрунтувати напрямки відновлення хімічно деградованих внаслідок мілітарної діяльності ґрунтів.

Дата видачі завдання 1 вересня 2024 року.

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

(підпис)

Олена РАКОЇД

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Ярослав КРОХАН

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1 Джерела та види воєнно-техногенного впливу на довкілля.....	8
1.2 Еколого-географічна характеристика Київської області та грунтовий покрив регіону.....	12
1.3 Антропогенне навантаження, спричинене бойовими діями, як чинник деградації ґрунтів Київської області.....	16
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ....	22
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
3.1 Особливості впливу важких металів на екологічний стан ґрунту в районах ведення воєнних дій.....	26
3.2 Аналіз екологічного стану ґрунтів Київської області за показниками хімічного забруднення внаслідок мілітарного впливу.....	30
3.3 Практичні заходи з відновлення хімічно деградованих внаслідок мілітарної діяльності ґрунтів.....	37
ВИСНОВКИ.....	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БМП (БТР) – Бойові машини піхоти

ВМ – Важкі метали

ГДК – Гранично допустима концентрація

КМУ – Кабінет Міністрів України

МЕ – Мікроелементи

МНТ – Міномет

НПС – Навколишнє природне середовище

ОВТ — Озброєння та військова техніка

ПТКР – Протитанкові ракетні комплекси

РГ – Ручна граната

РСЗВ – Реактивні системи залпового вогню

САУ – Самохідні артилерійські установки

СЗ – Стрілецька зброя

ТГ – Територіальна громада

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 50 сторінках, містить 3 розділи, 8 рисунків, 6 таблиць, 59 використаних джерел (21 з яких іноземною мовою).

Кваліфікаційна бакалаврська робота містить результати досліджень, що розглядають питання впливу воєнних дій на довкілля, зокрема, на ґрунтове середовище; визначення екологічного стану ґрунтів за показниками хімічного забруднення; джерел надходження та наслідків впливу важких металів на стан ґрунтового покриву.

У результаті дослідження, проведеного на території Київської області, що зазнала впливу бойових дій, встановлено деякі зміни вмісту у ґрунті валових форм важких металів, що спричинено їх надходженням в навколишнє середовище внаслідок воєнного впливу, однак вони на даний час не створюють загрози погіршення загальної екологічної ситуації. Обґрунтовано необхідність постійних моніторингових спостережень та визначено основні напрями відтворення хімічно забруднених внаслідок воєнного впливу ґрунтів.

Ключові слова: МІЛІТАРНИЙ ВПЛИВ, ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ, ДЕГРАДАЦІЯ ГРУНТІВ, ВАЖКІ МЕТАЛИ

ВСТУП

Актуальність теми. Війна, що триває на території України, змінила не лише життя людей, а й вплинула на навколишнє середовище. Бойові дії – це не лише зруйнована інфраструктура, але і забруднення ґрунтів, води та повітря. Ракетні обстріли, вибухи снарядів та згорання техніки – все це викиди важких металів, які попадають у ґрунти та змінюють їх хімічний склад.

Київська область – один із регіонів, де в перші місяці вторгнення велися активні бойові дії. Важливо досліджувати саме сірі супіщані ґрунти, які характерні для Київської області. Через легкий механічний склад і високу проникність вологи вони швидко поглинають не лише воду, а й шкідливі речовини, які потрапляють у довкілля під час бойових дій. У результаті ці ґрунти легко накопичують важкі метали, які можуть залишатися в ґрунтах роками.

Оцінка вмісту важких металів у таких ґрунтах дозволить не лише встановити масштаби забруднення, а й зрозуміти, як бойові дії впливають на ґрунтове середовище.

Метою роботи є визначення вмісту важких металів у ґрунтах Київської області на територіях, які зазнали впливу бойових дій, та порівняння отриманих показників із ґрунтами контрольних ділянок, де бойові дії не велися.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасні наукові публікації та дослідження щодо джерел та видів воєнно-техногенного впливу на довкілля;
- узагальнити інформацію щодо надходження шкідливих речовин та наслідків забруднення ґрунту внаслідок воєнних дій;
- здійснити порівняльний аналіз екологічного стану ґрунтів Київської області внаслідок мілітарного впливу;
- обґрунтувати напрямки відновлення хімічно деградованих внаслідок мілітарної діяльності ґрунтів.

Об'єкт дослідження: особливості забруднення ґрунтів внаслідок воєнно-техногенного впливу.

Предмет дослідження: вміст важких металів у сірому супіщаному ґрунті Київської області.

Методи дослідження: польовий, лабораторно-аналітичний, порівняльний, а також загальнотеоретичні методи наукового пізнання, такі як діалектичний метод та методи аналізу та узагальнення.

Результати досліджень доповідалися на IV Всеукраїнській науково – практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Екологія – виклики сучасності” (м. Київ 27 вересня 2024 року) та на X Міжнародній науково – практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Екологія – філософія існування людства” (м. Київ, 24 квітня 2025 року).

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Джерела та види воєнно-техногенного впливу на довкілля

Характер забруднення довкілля, що виникає внаслідок ведення бойових дій, є особливим, специфічним для елементів навколишнього природного середовища і зумовлюється особливостями застосування систем зброї та військової техніки й обладнання, а також просторово-часовою характеристиками такого впливу.

Забруднення НПС, як вказують джерела [1–3], пов'язане безпосередньо із утворенням відходів та викидів у результаті застосування зброї та воєнної техніки і транспорту. Саме транспортна база озброєння і військової техніки (танків, бойових машин піхоти, самохідних артилерійських гармат, зенітних установок, бронетранспортерів, спеціальних автомобілів), на думку експертів, є одним з основних причин забруднення довкілля: це і хімічне забруднення атмосфери, пошкодження і навіть знищення рослинного покриву, руйнування ґрунтів, шумовий та вібраційний вплив.

До основних воєнно-техногенних факторів впливу належать механічний, хімічний, фізичний та біотичний впливи (рис. 1.1).

Механічний вплив зумовлений порушенням ґрунтового покриву. Відбувається при механічній деформації ґрунтового покриву під час пересування колісної та гусеничної військової техніки, безпосереднього руху військ, будівництва приповерхневих та підземних споруд, утворення кратерів на поверхні та змішування ґрунту вибуховими боєприпасами (бомбтурбація), розмінування територій та будівництва оборонної інфраструктури [4]. Механічний вплив супроводжується, як правило, хімічним забрудненням, зокрема, металевими відходами від боєприпасів.

Хімічний вплив змінює природні параметри компонентів довкілля внаслідок впливу забруднюючих речовин від застосування військової техніки та систем зброї.

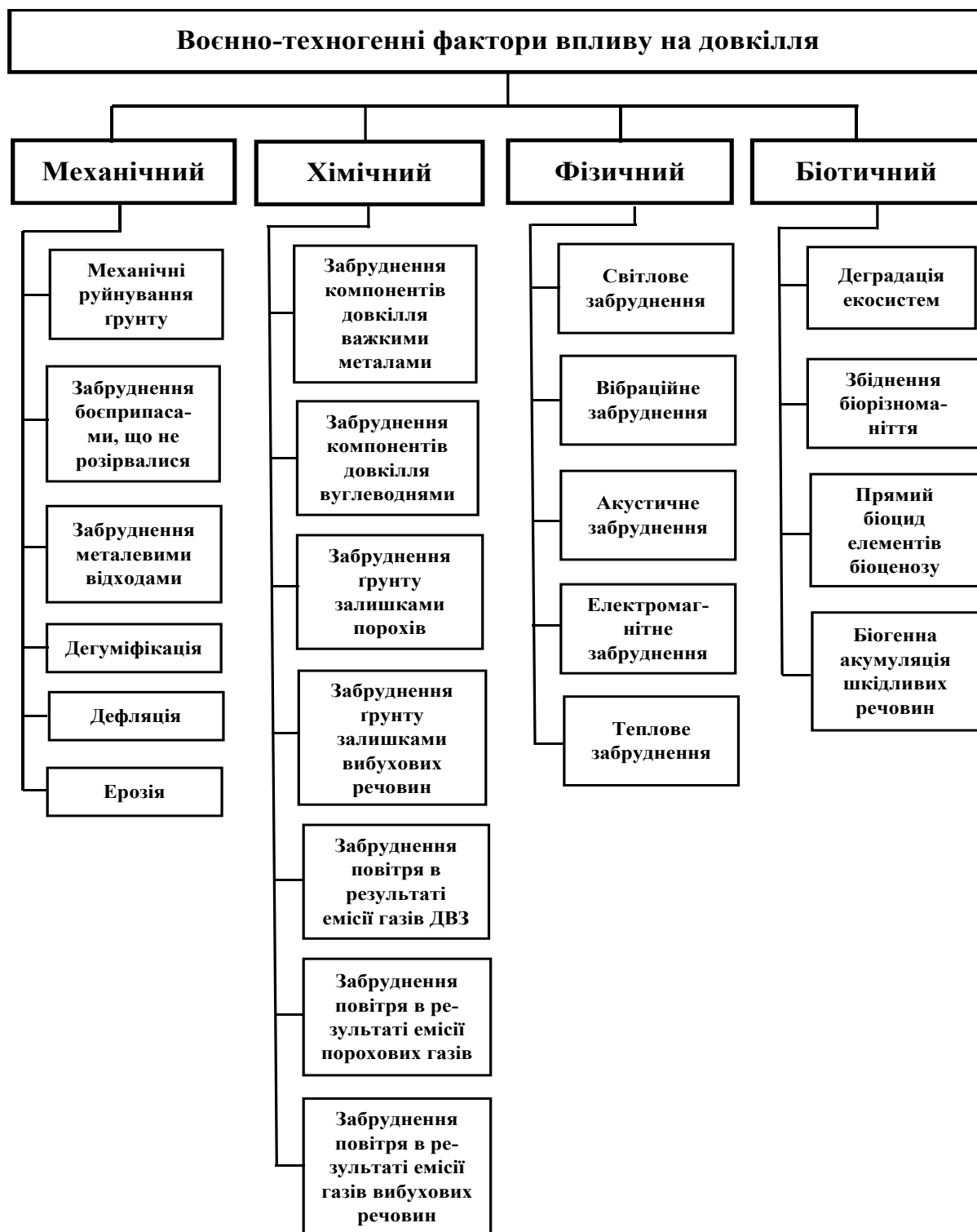


Рис. 1.1 Класифікація чинників воєнно-технічного впливу на довкілля

Довготривала військова діяльність призводить до утворення локальних воєнно-техногенних геохімічних аномалій, що характеризуються різноманітним

спектром вибухових й інших токсичних речовин, що може призвести до заборони на використання земель на невизначений термін.

Джерелами хімічного забруднення воєнного походження є пальне та мастильні матеріали транспортних засобів, відходи гальванічного виробництва, залишки вибухових речовин, сольвенти, дезактиваційні речовини, сполуки важких металів, радіоактивні речовини тощо. Вибухонебезпечні матеріали вважаються небезпечними речовинами фізико-хімічного типу.

Наприклад, у результаті згорання органічного палива викидаються такі гази як діоксид карбону, оксид вуглецю, оксиди азоту та діоксид сірки, а також незгорілого вуглеводню, що впливає на зміни клімату через зростання парникового ефекту. Причому викиди оксидів азоту та чадного газу зростає з зростанням потужності дизельних двигунів.

Внаслідок пересування важкої гусеничної і колісної техніки частинки ґрунту перетворюються у низькодисперсний стан та у суміші з вихлопними газами піднімаються у повітря. Загалом при спалюванні дизельного пального до атмосфери викидається до 200 різних забруднюючих речовин, які потім осідають на великих площах і забруднюють їх.

Негативно впливає на довкілля і застосування боєприпасів, що мають різний склад пороху і вибухових речовин. При цьому утворюється ряд сполук, таких як сажа, сполуки азоту., свинець, двоокис марганцю, вуглеводні, гексоген та інші. Як свідчать дані [5], тільки 30 % газів розсіюється у атмосфері, тоді як більша частина, а саме важкі фракції та важкі метали, осідають на поверхні ґрунтового покриву.

Особливу увагу приділяють переміщенню свинцю, що виникає внаслідок спалювання пального [6]. Доведено, що свинець може розповсюджуватися на відстань до 130 м, а концентрація свинцю у ґрунті перевищує фон у п'ять разів на відстані 100 м від маршрутів постійного пересування військових важких машин. Також відмічається забруднення ґрунту такими важкими металами, як мідь, стронцій, цинк, кадмій.

Найбільша концентрація нафтопродуктів (відпрацьовані масла, антифризи, органічні розчинники) відмічається в місцях зберігання паливно-мастильних матеріалів, заправок, техобслуговування техніки.

Порохові гази, осідаючи на ґрунт, створюють так звані «воєнно-техногенні геохімічні аномалії», що протягом тривалого впливу набувають характеру локальних геохімічних утворень [1]. Залишки використаних боєприпасів містять, крім сажі, залізо, мідь, свинець, алюміній, вольфрам тощо.

Екологічно-небезпечними відходами, що забруднюють компоненти НПС, є використані боєприпаси, залишки нафтопродуктів, поховані боєприпаси. Нерозірвані боєприпаси, як і наземні міни, становлять, як свідчать дослідження, серйозну шкоду для ґрунтів на протязі десятків років [7]. Загроза полягає у викидах токсичних речовин внаслідок корозії боєприпасів, а також цілого ряду ризиків, пов'язаних з їх випадковою детонацією.

Фізичний вплив передбачає зміни фізичних параметрів довкілля в результаті застосування зброї та військової техніки за рахунок розповсюдження фізичних полів.

Тепловий і світловий впливи діють в основному на тварин, зокрема, птахів і комах, призводячи до порушення природного балансу в екосистемах. Він зумовлений локальним підвищенням температури із-за викидів нагрітого повітря, вихлопних газів, порохових газів та газоподібних продуктів вибухового перетворення боєприпасів. Шумовий вплив виникає внаслідок проведення пострілів, вибухів, використання військової техніки. Так, постріл з автомата дає рівень звуку 130-150 дБ на відстані 1 м від джерела, старт ракети – 140-160 дБ, постріл з гармати – 160-180 дБ. Вібраційний вплив полягає у тому, що вібрація, яка передається у ґрунтах, здатна призводити до його ущільнення, витискання води, просідання поверхні, утворення порожнин та зміни мікрорельєфу.

Внаслідок дії воєнно-техногенних факторів впливу на *біорізноманіття та ландшафти* зростають загрози біорізноманіттю [3]. Виділяють, серед іншого, такі загрози:

- безпосереднє знищення біорізноманіття через використання різних видів і систем зброї, воєнної техніки;
- біогенна акумуляція токсикантів, які потрапляють у довкілля внаслідок бойових дій та військової діяльності;
- збіднення біологічного різноманіття як наслідок комплексного негативного впливу ведення бойових дій;
- суттєва зміна ландшафтів та деградація екосистем.

1.2 Еколого-географічна характеристика Київської області та ґрунтовий покрив регіону

Київська область розташована в центральній частині України. Охоплює території басейну середньої течії річки Дніпро та його приток (Прип'ять, Трубіж, Ірпінь, Рось та Десна).

Київська область межує з п'ятьма областями: на півночі з Чернігівською, на сході – з Полтавською, на південному сході та півдні – з Черкаською областю, на заході – з Вінницькою, а на південному заході – з Житомирською.

Площа Київської області становить 28,1 тисяч квадратних кілометрів. Територіально вона знаходиться в межах двох природних зон – Полісся та Лісостепу, що зумовлює високу різноманітність ґрунтового покриву. Обласним центром Київської області є місто Київ. У результаті проведення адміністративно-територіальної реформи, з 2020 року Київська область складається з 69 територіальних громад, об'єднаних в 7 районів: укрупнені Білоцерківський, Бориспільський, Броварський, Вишгородський, Обухівський, Фастівський та Бучанський (рис. 1.2).

Рельєф Київської області переважно рівнинно – горбистий. Північ області лежить у межах Поліської низовини, а південна частина – на Придніпровській височині. Рельєф тут досить розчленований, особливо в районі яружно-балкових систем, характерних для півдня області [8].



Рис. 1.2 Адміністративно – регіональний устрій Київської області

В геоморфологічному плані північ Київської області належить до Поліської рівнини з переважно плоским рельєфом та піщаними ґрунтами, південь охоплює підвищені і більш розчленовані території Придніпровської височини.

У Київській області континентальний помірний клімат, яких характеризується не дуже холодною зимою та теплим літом. Середня температура влітку становить близько $+19^{\circ}\text{C}$, а взимку – близько -5°C .

Погода в регіоні часто мінлива, особливо в зимовий період, коли теплі й холодні хвилі змінюються кілька разів на місяць. Середньорічна температура становить приблизно $+7,4^{\circ}\text{C}$.

Головними річками Київської області є Дніпро, Прип'ять та Десна. На півдні області кілька річок належать до басейну Південного Бугу. Загалом в області налічується понад 1500 річок, ставків та водосховищ. Річкова мережа на

півдні густіша, ніж на півночі. У районах з рівнинним рельєфом та слабким похилом, особливо на лівобережжі Дніпра, спостерігається заболочення через застій води.

Ґрунтовий покрив регіону досить строкатий [9]:

1. На півночі області, де переважають плоский рельєф і піщані відклади, найчастіше трапляються *дерново – підзолисті, болотні й торф'яно – болотні ґрунти*. Вони бідні на гумус, мають кисле рН середовище та малородючі, але можуть бути використані під такі види культур, як овес, льон, гречка та кульбаба. Для них характерна низька буферна здатність, що обмежує вирощування деяких культур та потребує вапнування.

2. Центральна частина Київщини, розташована на підвищених ділянках суші між річками. Характеризується поширенням *сірих лісових та опідзолених ґрунтів*. Вони мають середню родючість, але вразливі до деградаційних процесів. За хімічними властивостями ці ґрунти бідні на азот та фосфор, але при належному удобренні забезпечать стабільну врожайність.

3. Південь області охоплює частину Лісостепу, де сформувалися найпродуктивніші ґрунти – *чорноземи типові та опідзолені*. Вони мають нейтральне рН середовище і забезпечують високий врожай. Ці ґрунти містять до 5-6% гумусу, мають високу вологу здатність та здатні до самовідтворення.

4. Заплави великих річок, таких як Дніпро чи Десна, вкриті *алювіальними, лучними й глейовими ґрунтами*. Вони родючі, схильні до перезволоження та підтоплення. Їхній водний режим тісно пов'язаний з рівнем ґрунтових вод та сезонними паводками, що обмежує їх використання без системи дренажу

5. *Сірі супіщані ґрунти* займають значну площу в Київській області, особливо на межі Полісся та Лісостепу. Вони сформувались переважно на легких водно – льодовикових відкладах і характеризуються за легким механічним складом, слабкою структурою та зниженим вмістом гумусу, переважно 1-1,5 %.

Основні типи поширення ґрунтів регіону представлено у табл. 1.1. нижче.

Таблиця 1.1

Типи ґрунтів Київської області: характеристика та поширення [9]

Тип ґрунту	Характеристика	Зони поширення
Дерново - підзолисті	Бідні на гумус, кисле рН, мала родючість	Північна частина
Болотні	Висока волога, бідні на елементи живлення	Північний захід та Центральна частина
Торф'яно - болотні	Висока вологість, мала родючість	На заплавах територіях
Сірі лісові	Середня родючість, бідні на азот та фосфор	Центральна частина
Опідзолені	Вразливі до ерозії, помірна родючість	Центральні райони
Чорноземи типові	Нейтральне рН, високий вміст гумусу, здатні до самовідтворення	Центральна частина, на височинах
Алювіальні	Родючі, з високим рівнем води, але схильні до перезволоження	Заплави Дніпра, Десни
Лучні	Велика родючість, схильні до водної ерозії	Заплави річок та низькі місця
Сірі супіщані	Висока водопроникність, мала родючість, піддаються ерозії, важливі для лісових насаджень	Межа Полісся та Лісостепу, переважно легкі водно-льодовикові відклади

За природними властивостями сірі супіщані – малородючі ґрунти, слабокисле рН середовище, легко піддаються ерозії та деградації, особливо при порушенні дернового покриву. Після внесення мінеральних добрив та вапнування сірі піщані ґрунти можуть використовуватись для вирощування зернових культур, як пшениця та овес, технічних культур, як льон та ріпак [10].

Також вони придатні для сіножатей та лісових насаджень, переважно сосни, які добре ростуть на супіщаних ґрунтах. На сьогодні сірі супіщані ґрунти особливо вразливі до впливу бойових дій – вибухи, переміщення техніки та

пожежі руйнують їх структуру, спричиняють деградацію профілю та погіршення водного режиму.

1.3 Антропогенне навантаження, спричинене бойовими діями, як чинник деградації ґрунтів Київської області

Ґрунт - жива основа екосистеми, яка реагує на зміни в довкіллі. В умовах бойових дій це особливо помітно. Як зазначалося вище, вибухи, згорання техніки, залишки боєприпасів та важка військова техніка змінюють фізичний та хімічний склад ґрунту – запускаючи процес деградації.

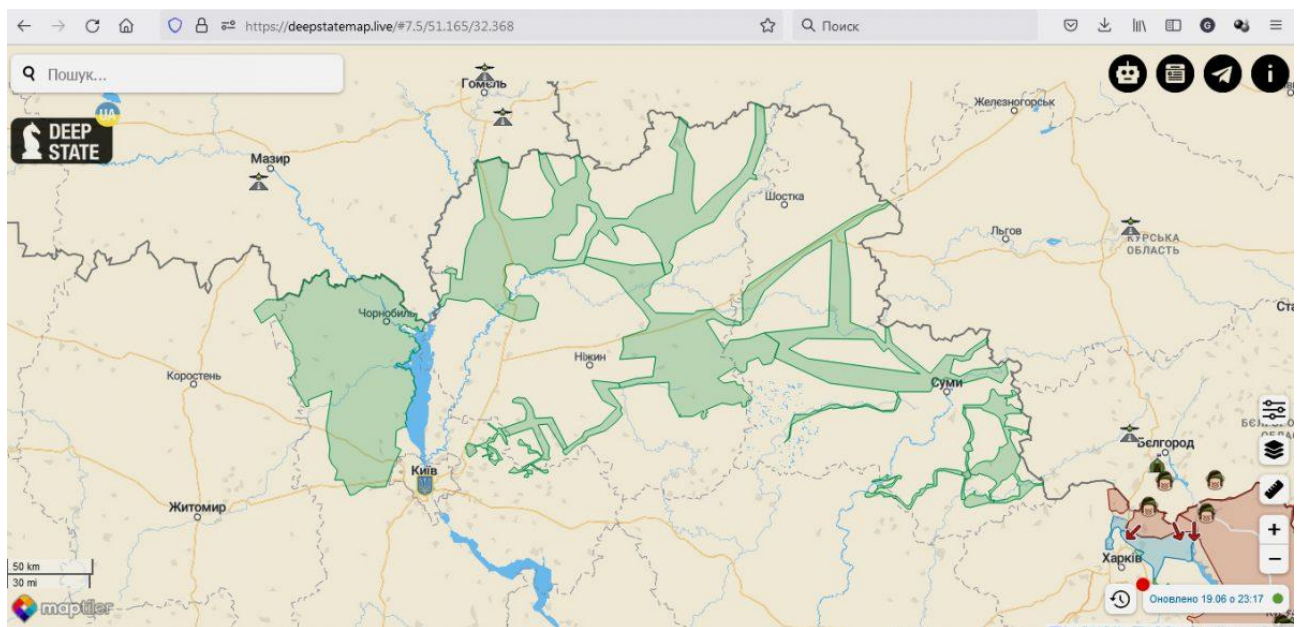


Рис. 1.3 Онлайн-карта бойових дій на півночі України від Deep State станом на 15 жовтня 2022 року [11]

З початком повномасштабних бойових дій на території Київської області посилився вплив антропогенних факторів на ґрунтовий покрив. Особливо критичними факторами ґрунтів стали механічні пошкодження, які відбуваються через вибухи, переміщення важкої техніки та обстрілами, що призвели до деградації ґрунтів у деяких районах (рис.1.3 вище).

Унаслідок активних бойових дій ґрунт зазнає ущільнення, руйнування структури та втрати родючого шару. Танки, бронетранспортери, артилерія та інша військова техніка під час руху по орних землях та лісових ділянках створює підвищений тиск на ґрунт, тим самим ущільнюючи його та зменшуючи кількість повітряних та водних пор. Це порушує природну циркуляцію вологи та кисню, ускладнює розвиток кореневої системи, знижує врожайність та здатність ґрунту до самовідновлення [12].

Наслідки механічного ущільнення ґрунту:

- 1) Ущільнений ґрунт не здатен швидко вбирати вологу, це призводить до застою води, поверхневого стоку – погіршення водопроникності;
- 2) Зменшення доступу кисню гальмує розвиток мікроорганізмів та руйнує біотичну рівновагу – анаеробні умови;
- 3) Відсутність рослинного покриву та зміна структури ґрунту сприяють вимиванню поживних речовин – прискорення ерозійних процесів;
- 4) Ущільнені ділянки важко піддаються рекультивації, особливо при повторному навантаженні – зниження родючості.

Воєнні дії також можуть значним чином впливати на якість ґрунтового покриву у результаті потрапляння у ґрунт великої кількості різних хімічних сполук, що вивільняються в результаті стрільби та вибухів боєприпасів, адже вибухові речовини вносять значний вклад у викиди металів у ґрунтове середовище.

Загалом найбільш впливовим на сьогодні фактором є вибухи снарядів та ракет, результатом чого є надходження до ґрунту значної кількості забруднюючих речовин. Ці речовини умовно поділяють на дві групи: важкі метали та компоненти вибухових речовин.

Важкі метали є найпоширенішими серед численних «воєнних» забруднювачів ґрунтів. На територіях інтенсивних бойових дій спостерігається значне підвищення вмісту ртуті, миш'яку, цинку та кадмію в ґрунті, систематично спостерігається підвищений вміст нікелю, свинцю, барію, фосфору [13].

Потрібно відмітити саме шкідливу дію і токсичність важких металів, що потрапили у ґрунт, і концентрації яких збільшились в іноді у декілька разів на території де проходили бойові дії в Україні. Відомо, що важкі метали можуть бути небезпечними для інтенсифікації процесів розвитку онкологічних захворювань, а також можуть призводити до пошкодження ДНК чи викликати порушення структури хромосом [14].

Також слід відзначити, що важкі метали, що потрапляють в підземні води, роблять їх надзвичайно небезпечним щодо використання в питних цілях. З поверхневим стоком важкі метали потрапляють в і у водні об'єкти, а це вносить вклад у деградацію водних екосистем.

Лісові пожежі, що масово виникають у районах ведення бойових дій, також мають вагомий вплив на забруднення ґрунтів важкими металами [15]. Прямі фактори мілітарного впливу на ліси та інші природні екосистеми включають окрім бомбардування та мінування території, також навмисні підпали й забруднення неспрацьованими боєприпасами. Наприклад, розмінування Київської області тривало, за оприлюдненими даними, до 8 травня 2022 року [16]. Все це є ще одним чинником забруднення навколишнього природного середовища.

За інформацією Державної екологічної інспекції у Київській області, земельні ресурси регіону зазнали збитків на суму 2 мільярди 54 мільйони 690 тисяч гривень, внаслідок засмічення та забруднення через руйнування, спричинені військовою агресією РФ [17].

Забруднення ґрунтового покриву важкими металами може відчуватися не один десяток років, тому що вони мають багато валентних форм, утворюють важкорозчинні сполуки з фосфатами і гідроксидами, непогано сорбуються ґрунтом, і все це сприяє їх поступовому накопиченню у ґрунтовому середовищі [18-20]. Це, в свою чергу, створює передумови для підвищення токсичного потенціалу ґрунтів, чинить вплив на його біологічну активність, спричиняє патологічні зміни в протіканні багатьох біологічних процесів, нагромадження шкідливих речовин у сільськогосподарській рослинній продукції.

Нагромадження важких металів у ґрунті також впливає на його родючість і мікробіологічну активність [21, 22]. Саме забруднення важкими металами є одним із факторів, що визначає продуктивність сільськогосподарських культур та якість сільськогосподарської продукції. На жаль, наслідки воєнних дій для ґрунтового середовища часто недооцінюються, порівняно з утратою людських життів та об'єктів інфраструктури. Однак погіршення якісних характеристик ґрунтів є довгостроковим, і це суттєво знижує якість і продуктивність ґрунту.

Отже, зарубіжними та вітчизняними науковцями доведено, що важкі метали є одним найбільш поширених серед численних факторів мілітарного впливу на ґрунтовий покрив. Це відбувається завдяки тому, що погіршення якості ґрунтів є довгостроковим, що значно знижує якість і продуктивність ґрунтів на територіях проведення бойових дій.

На сьогодні, враховуючи новий тип (мілітарний) та нові види деградації ґрунтів (табл. 1.2 нижче), науковцями-ґрунтознавцями з ННЦ «Інституту ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» було встановлено наступні основні напрями досліджень стосовно впливу повномасштабної агресії рф на ґрунтовий покрив України, а саме:

1) Механічна деградація ґрунтів (посилення процесів водної та вітрової ерозії, спричинення ерозії та зсувів; механічне порушення морфологічної будови ґрунтового профілю; змішування генетичних горизонтів (т. зв. педотурбація, або бомбтурбація); збільшення неоднорідності ґрунту; зростання кількості чужорідних елементів – сторонніх предметів (уламків снарядів, мін, інших боєприпасів), порушення верхнього шару ґрунту мінами, вибухами боєприпасів, що веде до утворення різноманітних вирв, тощо).

2) Фізична деградація (погіршення фізичних характеристик ґрунту; інтенсифікація ущільнення через пересування важкої воєнної техніки; порушення структури через зменшення вмісту агрономічно цінних груп і т.д.).

3) Хімічна деградація ґрунтів (зменшення органічного вуглецю, зміна якості вуглецю, зниження вмісту поживних речовин; винесення на поверхню ґрунтових горизонтів, в яких накопичилися водорозчинні солі або засолення

ґрунтів; накопичення важких металів, нафтопродуктів й інших небезпечних забрудників через вибухи боєприпасів; ураження важкої техніки або її пересування із забрудненої радіоактивними речовинами місцевості тощо).

Таблиця 1.2

Воєнний (мілітарний) тип і види деградації ґрунтів [23]

Види деградації	Основні прояви деградації
Механічна	Активізація ерозійних процесів, зсувів
	Механічні порушення морфологічної будови профілю ґрунту
	Перемішування генетичних горизонтів (педотурбація)
	Утворення вирв, ровів, ям
Фізична	Погіршення фізичних властивостей ґрунтів
	Стійкі зміни гранулометричного складу
	Стійкі зміни агрегатного складу (знеструктурування)
	Ущільнення
Хімічна	Погіршення гумусового стану ґрунтів
	Трофічне виснаження ґрунту
	Засолення
	Забруднення
Фізико-хімічна	Підкислення, підлуження
Біологічна	Зменшення (звуження) біорізноманіття
	Зменшення біологічної активності ґрунту
	Погіршення санітарного стану
	Токсичність ґрунту

4) Фізико-хімічна ґрунтова деградація (підкислення або підлуження ґрунтового середовища).

5) Біологічна деградація ґрунтового покриву (деградація внаслідок зміни структури ґрунтової біоти або втрати агрономічно корисних угруповань, зменшення біохімічної активності ґрунту; зміна санітарного стану; токсичність ґрунту; біоіндикація хімічного забруднення у ґрунтовому середовищі).

6) Інші види деградації ґрунтів, наприклад, засмічення.

Підсумовуючи міжнародний та вітчизняний досвід, можна констатувати, що військово-антропогенне навантаження на ґрунти призводить до фізичного, механічного та хімічного втручання у систему ґрунтового покриву. Це втручання руйнує функції ґрунтової екосистеми та її структуру, що призводить до погіршення якості та функціональних властивостей ґрунту. Знищення рослинності, пошкодження ґрунтового покриву, хімічне забруднення та недостатнє природне зволоження є типовими наслідками військових дій. Це значно збіднює біорізноманіття, що впливає на види та популяції, а втрата біорізноманіття змінює функції та структуру ландшафтів.

Військові дії, які розпочалися з 24 лютого і тривали до 2 квітня 2022 року, коли Київську область повністю звільнили від російської окупації, посилили екологічну небезпеку на території регіону, що раніше постраждав від наслідків Чорнобильської катастрофи і частина якого все ще зазнає радіонуклідного забруднення. Серед основних наслідків інтенсивних бойових дій – затоплення територій, руйнування дамб і очисних споруд, хімічне забруднення водних ресурсів та ґрунтового середовища, знищення ландшафтів, рослинності, значних площ лісових насаджень – усе, що може мати незворотні наслідки для сталого функціонування екосистем.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оскільки обґрунтовано [23], що до основних показників, за якими визначають прояви різних видів деградації ґрунтів, належать: ущільнення ґрунту (наслідки проходження важкої та спеціальної техніки) та хімічне забруднення ґрунтів (вирви від артилерійських та авіаударів великих калібрів), для встановлення екологічного стану сірого супіщаного ґрунту на території Київської області було здійснено оцінювання за вмістом валових форм важких металів та мікроелементів – сірки (S), цинку (Zn), миш'яку (As), свинцю (Pb), кобальту (Co), бору (B), хрому (Cr), міді (Cu), кадмію (Cd), нікелю (Ni) та ртуті (Hg).

Дослідження щодо екологічного аналізу проявів деградаційних процесів ґрунтового покриву мілітарного типу проводилися на частині території Київської області, що постраждала від ведення бойових дій у лютому-квітні 2022 р. (заплава р. Ірпінь, Бучанська ТГ) (рис. 2.1) та на ділянках, де не було зафіксовано значного техногенного або військового впливу (заплава р. Трубіж, Баришівська ТГ, рис. 2.2).



Рис. 2.1 Схема відбору проб ґрунту: а) у заплаві р. Ірпінь; б) на околицях с. Мощун



Рис. 2.2 Схема відбору проб ґрунту у заплаві р. Трубіж, смт. Баришівка

Бучанська міська територіальна громада розташована в північній частині Київської області і входить до складу Бучанського району. Адміністративним центром громади є місто Буча. До складу громади входить одне місто – Буча, два селища – Бабинці та Ворзель, а також одинадцять сільських населених пунктів (рис. 2.3 нижче).

Територія громади переважно рівнинна з незначними підвищеннями. Клімат характеризується як помірно континентальний з теплим літом і м'якою зимою. Значну частину території займають ліси, а також добре розвинена система річок і ставків, які належать до басейну річки Ірпінь. Ґрунтовий покрив представлений в основному сірими лісовими супіщаними ґрунтами, що мають середню родючість, проте є вразливими до забруднення. Внаслідок бойових дій у 2022 році в цій зоні спостерігається підвищений рівень забруднення ґрунтів важкими металами.

Баришівська територіальна громада розташована в центральній-східній частині Київської області, в межах Броварського району. Основним адміністративним центром є селище міського типу Баришівка. Територія громади охоплює 1 місто та понад 25 сіл, і має переважно рівнинний рельєф.

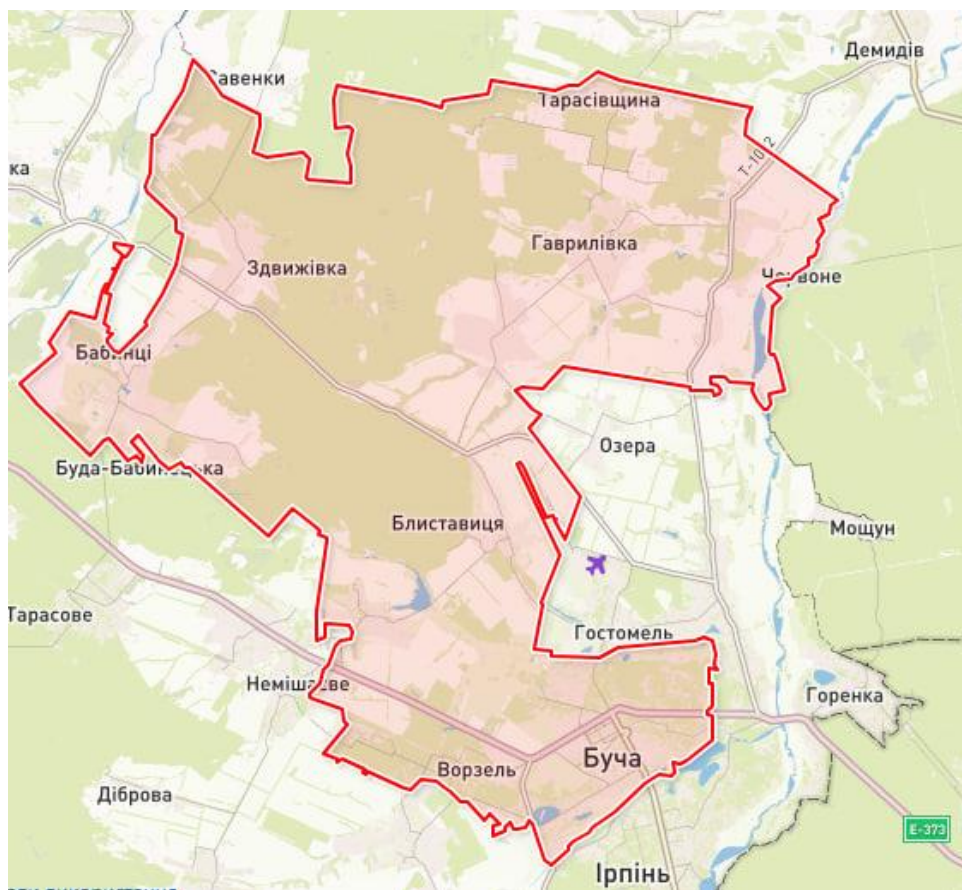


Рис. 2.3 Картосхема Бучанської ТГ

Через регіон протікає річка Трубіж – ліва притока Дніпра, що частково зволожує ґрунти та формує заплавні ділянки.

Клімат району – помірно континентальний. Основний тип ґрунтів – сірі лісові супіщані, які відзначаються середнім рівнем родючості. Баришівська громада не зазнала прямих бойових дій під час повномасштабного вторгнення, тому була обрана як умовно "чиста" для відбору зразків – для порівняння з забрудненими ділянками на території Бучанської громади. Проби ґрунту відбирались у межах населеного пункту Баришівка на ділянках, де не було зафіксовано значного техногенного або військового впливу (рис. 2.4 нижче).

Дослідження наслідків воєнного впливу на території Київської області (Бучанська ТГ) проводилися протягом 2024 року у рамках виконання НДР №110/3-пр-2024 «Розробка заходів відновлення наземних екосистем, постраждалих внаслідок російської воєнної агресії».

Лабораторний аналіз проб проводили в акредитованих лабораторіях (за стандартом ISO/IEC–17025:2017) Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК (УЛЯБП АПК) НУБіП України (для Бучанського району) та ТОВ “УкрХімАналіз”. Вміст валових форм важких металів визначали відповідно до ДСТУ ISO 11047:2005 [24].

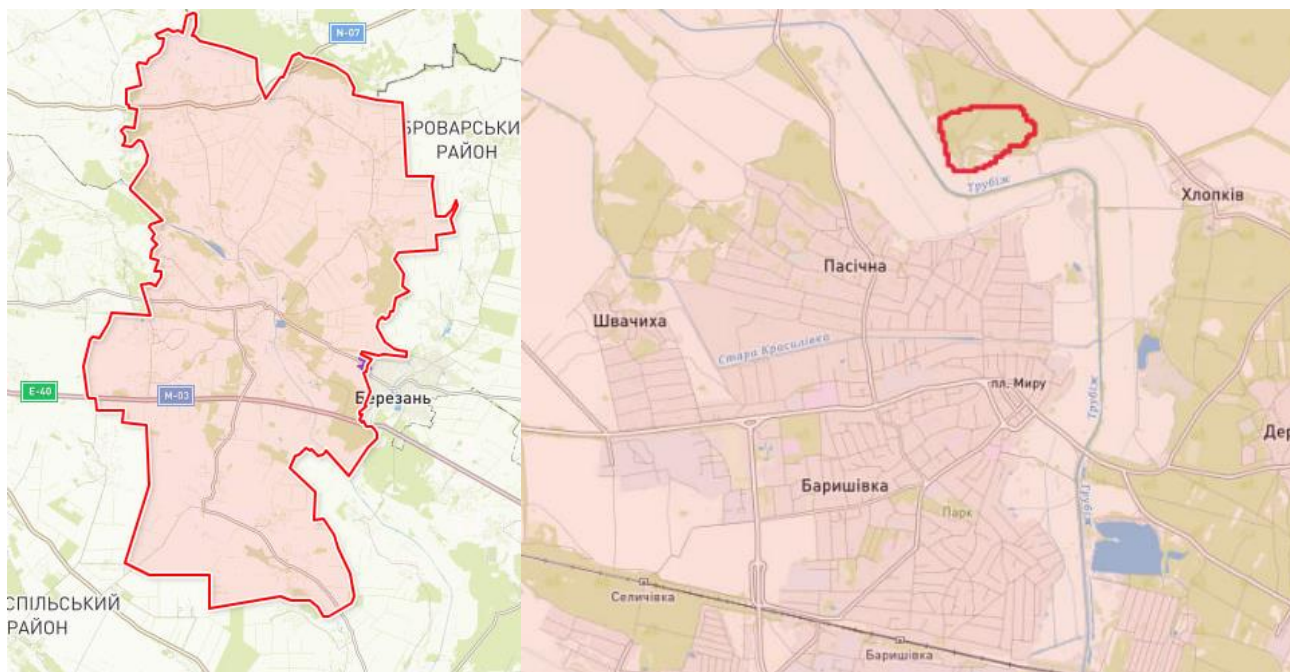


Рис. 2.4 Картоschema Баришівської ТГ та місце відбору зразків

Оцінку екологічного стану ґрунтів за вмістом важких металів проводили шляхом порівняння їх вмісту як у порушеному внаслідок воєнних дій, так і непорушеному, що не зазнав мілітарного впливу, ґрунті із гранично допустимою концентрацією (ГДК) [25].

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Особливості впливу важких металів на екологічний стан ґрунту в районах ведення воєнних дій

Забруднення ґрунтів токсичними речовинами, зокрема важкими металами, залишається актуальною проблемою при вивченні мілітарного впливу на ґрунти. Такий інтерес зумовлений високою токсичністю сполук металів, їх здатністю накопичуватися та включатися в трофічні ланцюги.

Зазвичай ґрунти оцінюють за рівнем забруднення сполуками Cd, Pb, Zn, Ni, Cr, Cu, As, Mn, Al, V, Fe, що потрапили до ґрунту в результаті техногенної діяльності людини.

Знищена військова техніка та боєприпаси, а також розірвані ракети та авіабомби забруднюють ґрунт і підземні води хімічними речовинами, у тому числі й важкими металами. При детонації ракет та артилерійських снарядів окислюються навколишні ґрунти, деревина, дернина, конструкції, а також утворюється низка хімічних сполук – чадний газ, бурий газ, діоксид азоту, формальдегід тощо, велика кількість токсичної органіки [26–29].

Під час вибуху всі речовини проходять повне окиснення, а продукти хімічної реакції вивільняються в атмосферу [30].

Надзвичайно актуальним питанням є замінування. Вибухонебезпечні предмети, які не розірвались під час обстрілу, самі несуть небезпеку, вони вступають в хімічну реакцію з іншими елементами, що призводить до забруднення ґрунтів, відтак – підземних вод, атмосфери.

Загальне розуміння механізму впливу детонації боєприпасів на навколишнє середовище показано на схемі (рис. 3.1 нижче), складеній на основі досліджень вітчизняних експертів [31]. На основі простеження ланцюжків реакцій, можна зробити висновок: наслідок ерозії ґрунтів – втрата родючого шару і вивільнення накопиченої у ньому органіки в атмосферу – глобальні зміни клімату та опустелювання.

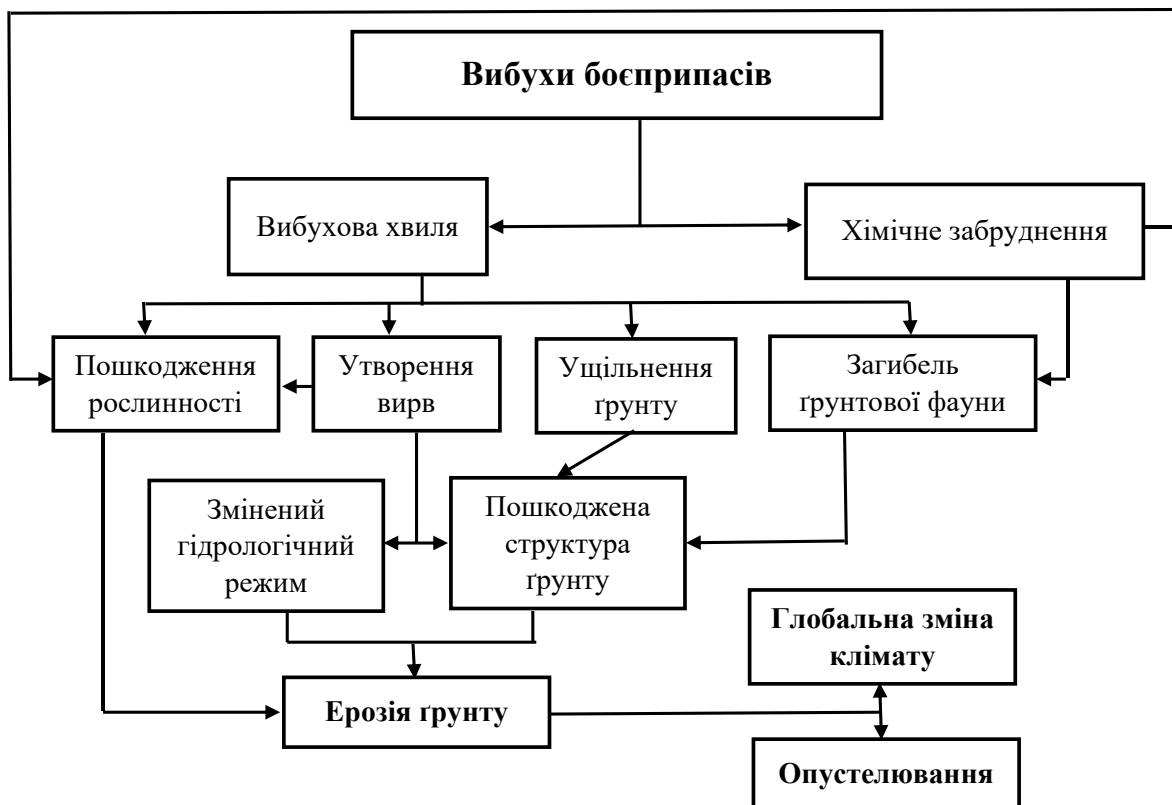


Рис. 3.1 Потенційні наслідки забруднення ґрунту внаслідок детонації боєприпасів

Металеві уламки снарядів, що потрапляють у довкілля, також не є безпечними та цілковито інертними. Чавун із домішками сталі є найбільш поширеним матеріалом для виробництва оболонки боєприпасів та містить у своєму складі не тільки стандартні залізо та вуглець, а й сірку та мідь [32].

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. У випадку вибуху «Граду» близько пів кілограма сірки потрапляє у ґрунт. Коли йде дощ або утворюється туман, роса, вона реагує із сіркою, утворюючи сірчану кислоту, яка знищує все живе, що формує ґрунт (рослини, мікроорганізми, ґрунтову біоту) [33, 34]. Саме тому сірка є найбільш токсичною для ґрунтів, адже якщо певні сільськогосподарські культури будуть висаджені вже після детонації, то майбутній урожай буде дуже небезпечним для

споживання, тому що в такому ґрунті міститимуться важкі метали, які згодом мігруватимуть в рослини і далі по трофічному ланцюгу.

У 2017 році було досліджено ґрунти у зоні АТО, що засвідчило значний вміст важких металів на місці розривів снарядів. Так, концентрація титану у пробі ґрунту на місці розриву снаряда в 150 разів перевищувала фонові показники. Крім того, спостерігалось перевищення сульфатів у 2,5 рази, а також ванадію, свинцю, кадмію [35].

Уже після початку повномасштабного вторгнення на територіях інтенсивних бойових дій в Україні, зокрема, в Ізюмському районі Харківської області, спостерігалось значне підвищення вмісту в ґрунтах ртуті, миш'яку, цинку та кадмію. Дослідження показали, що фактичний вміст у цих ґрунтах перевищує фонові значення у 15-30 разів. Систематично підвищується вміст (у 6-8 разів) нікелю, свинцю, барію, фосфору. Також у 35% зразків фонові значення цих елементів були перевищені більш ніж у 100 разів [12].

Як зазначають фахівці, це небезпечно, оскільки якщо просто закопати воронки і використовувати землі за сільськогосподарським призначенням, то шкідливі речовини потраплятимуть в продукти харчування і в організм людини. Відомо, що важкі метали накопичуються в організмі і через певний час їх кількість може досягти критичної концентрації і спричинити хвороби нирок, серцево-судинної, нервової системи, онкологічні захворювання.

Доведено, що усі типи воєнно-техногенного тиску на довкілля спричиняють і сильне забруднення та навіть руйнування ґрунтового покриву.

Основними джерелами забруднення ґрунтів при здійсненні вогневих стрільб є продукти вибуху, які являють собою дрібнодисперсні часточки, іони важких металів, які проникають у ґрунт разом з водою, та металеві уламки боєприпасів [36].

Забруднюючі речовини, зокрема, і важкі метали, що потрапляють ґрунти в результаті воєнно-техногенного навантаження за типами та видами використовуваних систем зброї наведено у табл. 3.1 нижче.

Таблиця 3.1

Забруднюючі речовини, що виникають в результаті воєнно-техногенного навантаження на ґрунти

Вид зброї	Тип зброї	Забруднюючі речовини
Стрілецька зброя	пістолети снайперські гвинтівки автомати кулемети ручні кулемети ротні	Cu, Fe, Al, Fe, Mn, Zn, Pb, Sn, Mg, P, Al, хлориди, нітрати
Гранатомети стрілецька зброя ручні гранати	автоматичні (підствольні) ручні станкові протитанкові	Cu, Fe, Al, Fe, Mn, Zn, Pb; Sn, Mg, P, Al, Hg, Cd, Cr
Озброєння БМП (БТР): стрілецька зброя ручні гранати	14,5 мм КВТ 73 мм П 30 мм П 14,5 мм ВС	Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr
Озброєння бойових машин піхоти (БМП, БТР), ручні гранати		Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr, нафтопродукти
Озброєння танків, озброєння САУ стрілецька зброя ручні гранати	23 мм ВЯ 115 мм ТП 125 мм ТП	Cu, Fe, Mn, Sn, Mg, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr, P, нафтопродукти
Озброєння танків зенітний кулемет танка ручні гранати		Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Hg, Pb, Zn, Cd, Cr, нафтопродукти
Ствольна артилерія, міномети	76 мм П ЗІС-3; 85 мм П Д-44; 100 мм ПТП МТ-12; 122 мм ГД-30; 152 мм ПГ Д-20; 152 мм СГ 2С5; 152 мм СГ 2С19; 203,2 мм П 2С7; 82 мм БМ-38, 2Б9; 120 мм ПМ; 120 мм М 2С9, 2С12; 240 мм М2С4	Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr нафтопродукти

Продовження Таблиці 3.1

Ствольна артилерія ПТКР, протитанкова артилерія, бойова стрільба наземної артилерії		Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Hg, Zn, Cd, Cr, нафтопродукти
Рух самохідно-артилерійських і зенітних установок, бойових машин піхоти, колісних, гусеничних бронетранспортерів		Pb, нафтопродукти
Рух автомобілів, гусеничних тягачів і транспортерів		Pb, нафтопродукти

3.2 Аналіз екологічного стану ґрунтів Київської області за показниками хімічного забруднення внаслідок мілітарного впливу

Згідно з Методикою визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану [37], ґрунти вважаються забрудненими, якщо в їх складі виявили негативні якісні зміни. Такі зміни можуть бути спричинені як перевищенням гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин, зокрема таких важких металів як Cu, Fe, Al, Mn, Sn, Mg, Pb, Zn, Hg, Cd, Cr, так і появою в зоні аерації нових забруднюючих речовин.

Свинець є важким металом I класу небезпеки і навіть у незначних кількостях – одним з найбільш токсичних хімічних елементів. У разі забруднення ґрунту свинцем створюється загроза для населення, яке проживає на уражених територіях, у першу чергу, дітей, які є більш чутливими до впливу важких металів [38]. Свинець, як вважають, має невисоку фітотоксичність, бо його основна частина затримується у кореневій системі рослини. Інші ж дослідники вказують на особливу небезпеку, яку створює асиміляція ВМ пагонами і кореневою системою рослин.

Встановлено [39], що при вмісті свинцю у ґрунті на рівні 2 ГДК його вміст у рослинах підвищується на 20%; при вмісті на рівні 5 ГДК – концентрація у рослинах збільшується на 40%, 10 ГДК – на 150%.

До металів I групи небезпеки належить і *цинк*, який характеризується помірною токсичністю та невисокою фітотоксичністю [40]. В умовах підвищеної вологості ґрунту цей елемент має високу міграційну здатність. У разі надходження до організму людини і тварин у надлишковій кількості цинк виявляє канцерогенну дію, може токсично діяти на серце, кров та інші органи.

Найбільш важливими для дослідження проблем хімічного забруднення є *кадмій* і його сполуки, оскільки вони належать до I класу небезпеки [40] та навіть у незначних концентраціях характеризуються надзвичайною токсичністю, значною міграційною здатністю, швидкою засвоюваністю і властивістю накопичуватися у рослинах [41].

При потраплянні в організм через вживання забруднених харчових продуктів рослинного і тваринного походження кадмію можуть порушуватися процеси формування кісткової тканини й провокуються захворювання органів дихання. Відмічається, що кадмій знижує здатність організму протистояти захворюванням, має мутагенні та канцерогенні властивості, чинить шкідливий вплив на спадковість, призводить до руйнування еритроцитів крові, викликає захворювання нирок, а також гастрит і анемію.

Допустима доза кадмію для людського організму складає 70 мг/кг на добу (для дорослих), але для дітей його присутність у питній воді та харчових продуктах повністю виключається.

Мідь є важким металом II класу небезпеки, і хоча має слабку фітотоксичність, однак є небезпечно токсичною для людини [40, 41]. Якщо вона надходить до організму людей і тварин у надлишкових кількостях, то справляє канцерогенну дію, а також токсично впливає на серце, кров та інші органи людського організму.

До елементів II класу небезпеки належить також такий елемент, як *нікель*, який, потрапляючи на шкіру і до органів дихання може стати причиною гострих і хронічних отруєнь.

Сірку, яка є складовою значної частини боєприпасів, і яка у вигляді порошку залишається не тільки у воронках від вибухів, але і навколо них, обґрунтовано вважають однією з найбільш небезпечних для ґрунтів речовин, яка, контактуючи з опадами, перетворюється на сірчану кислоту [42]. Ця кислота спалює мільйони організмів, які населяють поверхневі шари ґрунту.

Такі токсичні елементи, як *миш'як* і *ртуть*, також здатні вилугуватися з боєприпасів і зброї й потрапляти в ґрунтове середовище, і по мірі росту і розвитку рослини поглинатимуть ці забруднювачі, накопичуючись у харчовому ланцюгу.

Зокрема, ртуть міститься в основному в детонаторах вибухових боєприпасів (так званий ртутний фульмінант) і відповідає за більш швидку детонацію вибухівки, наприклад, тротилу [43, 44]. Контакт з ртуттю спричиняє пошкодження нервових клітин, може призвести до вад розвитку дітей ще у материнській утробі. Миш'як, як і деякі інші ВМ, є канцерогеном, тобто, може призводити до ракових захворювань.

Екотоксикологічний аналіз валових форм важких металів в ґрунті заплави р. Ірпінь (табл. 3.2 нижче) показав, що на «непорушеній ділянці» вміст досліджуваних елементів складав: сірки – 426,9 мг/кг, загального цинку – 18,24, загального миш'яку – 8,4, загального свинцю – 6,14, загального кобальту – 3,51, загального бору – 3,32, загального хрому – 2,99, загальної міді – 2,97, загального кадмію – 0,79, загального нікелю – 0,24, загальної ртуті – 0,007 мг/кг.

Тоді як у зразках «з-під важкої техніки» містилося: сірки – 292,50 мг/кг, міді – 18,00, цинку – 11,42, свинцю – 6,70, бору – 3,16, хрому – 2,84, нікелю – 1,29, миш'яку – 1,1, кадмію – 0,72, кобальту – 0,63, ртуті – 0,007 мг/кг. У «вирві» містилося: сірки – 172,60 мг/кг, міді – 6,29, цинку – 5,37, свинцю – 3,48, бору – 2,37, хрому – 2,65, нікелю – 1,09, миш'яку – 0,84, кадмію – <0,10, кобальту – 0,63, ртуті – 0,006 мг/кг.

Таблиця 3.2

Вміст важких металів у зразках ґрунту (Бучанська ТГ)

Показник, одиниці вимірювань	Результати випробувань			ГДК згідно НД, мг/кг
	ґрунт з непорушеної ділянки	ділянка «з- під важкої техніки»	ґрунт з «вирви»	
Масова частка загальної сірки (S), мг/кг	426,9	292,50	172,60	160,0
Масова частка загального цинку (Zn), мг/кг	18,24	11,42	5,37	не нормується
Масова частка загального арсену (миш'яку) (As), мг/кг	8,4	1,1	0,84	2,0
Масова частка загального свинцю (Pb), мг/кг	6,14	6,70	3,48	32,0
Масова частка загального кобальту (Co), мг/кг	3,51	0,63	0,63	не нормується
Масова частка загального бору (B), мг/кг	3,32	3,16	2,37	не нормується
Масова частка загального хрому (Cr), мг/кг	2,99	2,84	2,65	не нормується
Масова частка загальної міді (Cu), мг/кг	2,97	18,00	6,29	не нормується
Масова частка загального кадмію (Cd), мг/кг	0,79	0,72	<0,10	3,0
Масова частка загального нікелю (Ni), мг/кг	0,24	1,29	1,09	не нормується
Масова частка загальної ртуті (Hg), мг/кг	0,007	0,007	0,006	2,1

Хімічний аналіз зразка ґрунту, відібраного на території, яка не зазнала впливу бойових дій, засвідчив такі результати: валовий вміст кадмію та свинцю

виявився нижчим за межу визначення аналітичного методу; концентрація загального марганцю становила 11 451 мг/кг; рухомих форм цинку – 0,30 мг/кг, міді – 0,16 мг/кг, нікелю – 0,11 мг/кг, кобальту – 0,08 мг/кг, хрому – 0,18 мг/кг (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Вміст важких металів у зразках ґрунту (Баришівська ТГ)

№	Показники, одиниці виміру	Результат	ГДК
1	рН	8.18	Не нормується
2	Радіаційний фон, мкР/год	16	1-20
3	Кадмій (валовий вміст), мг/кг	-	3.0
4	Свинець (валовий вміст), мг/кг	-	32
5	Марганець (валовий вміст), мг/кг	11451	1500
6	Цинк (рухома форма), мг/кг	0.30	23
7	Мідь (рухома форма), мг/кг	0.16	3
8	Нікель (рухома форма), мг/кг	0.11	4
9	Кобальт (рухома форма), мг/кг	0.08	5
10	Хром загальний (рухома форма), мг/кг	0.18	6

Згідно з отриманими даними, встановлено, що вміст марганцю у ґрунті непорушеної внаслідок мілітарного впливу ділянки майже у 7,5 разів перевищує гранично допустиму концентрацію, що може свідчити про природну аномалію або локальне техногенне навантаження, навіть за відсутності бойових дій.

Цікаво відмітити, що результати оцінки еколого-токсикологічних параметрів дерново-підзолистого ґрунту, який зазнав деградації внаслідок ведення бойових дій на території того ж Бучанського р-ну, проведена у 2023 році, через рік після обстрілів, засвідчили перевищення ГДК для таких металів: свинцю – на 3–6%; хрому – на 7–26%, нікелю – на 15–21% на відстані 30 м від вив. Вміст міді (0,1-0,3 ГДК), цинку (0,2-0,4 ГДК) та кадмію (0,4-0,6 ГДК) свідчив про відсутність перевищень межі ГДК [45].

Схожі результати отримані при обстеженні місць розриву снарядів (вирви) та із місць розбитої військової техніки у Сумській області [18]. Виявлено точкові ареали ґрунтів, забруднених свинцем і міддю, окремі точки, де спостерігалось перевищення ГДК у 2-4 рази, однак суттєвих змін у вмісті валових форм важких металів не спостерігалось.

В обох дослідженнях хімічне забруднення ґрунту було задокументовано в радіусі приблизно 5 м від кратерів, утворених боєприпасами РСЗВ.

Слід враховувати, що на поведінку забруднювачів, у тому числі, важких металів, значно впливає часовий аспект. Швидкість міграції забруднювачів підвищують такі чинники, як розчинні органічні речовини та підкислення ґрунтового середовища.

Також слід враховувати, що перерозподіл забруднювачів здійснюється і у горизонтальному, і у вертикальному напрямку. Горизонтальна міграція є найбільш помітною відразу після застосування вибухових боєприпасів і насамперед здійснюється через повітряний перенос. На вертикальну міграцію у ґрунтовому профілі найбільше впливають такі чинники як водний режим та антропогенна діяльність [36].

Інтенсивність закріплення важких металів залежить також від мінералогічного складу ґрунту та складу ґрунтоутворюючої породи, що характеризується різними ландшафтно-геохімічними факторами, такими як: вміст глини й органічної речовини, вологість, швидкість газового обміну з атмосферою, мікробіологічна активність тощо [46]. Також вважають, що вплив забруднювачів на ґрунтовий покрив (наприклад, біодоступність та екотоксичність) меншою мірою пов'язані з їхньою загальною концентрацією, а більшою – з їхніми рухомими фракціями [47].

За результатами моделювання, здійсненого вітчизняними науковцями [36], показано, що через скорочення інтервалів між періодами застосування озброєння та військової техніки на певній території, тобто, при веденні тривалих інтенсивних боїв, може виникати кумулятивний ефект щодо зростання швидкості проникнення забруднення до рівня підземних вод в глибину

грунтового середовища. Зокрема, для відновлення стану системи необхідний мінімальний термін перерви між стрільбами при застосування артилерії складає 2 тижні; при використанні такого комплексу як артилерії, так і танків та ПТКР цей термін становить уже 4 тижні; для районів застосування спеціальної техніки – до 3 тижнів (табл. 3.4).

Отже, збільшення інтервалу між періодами застосування озброєння та військової техніки (або їх припинення) дає змогу шару забруднення, утвореного внаслідок ведення воєнних дій, розсіятися у великому обсязі середовища. Таким чином, концентрація забруднювача знижується до рівня ГДК.

Таблиця 3.4

Орієнтовні оцінки впливу наслідків бойових дій на екологічний стан ґрунтів

Характеристика поширення забруднення	Об'єкт ураження		
	Район артилерійського обстрілу	Район застосування танків	Район застосування спеціальної техніки
Максимальне значення швидкості розповсюдження забруднення	2,2 см/г	2,7 см/г	1,3 см/г
Середній термін зниження рівня швидкості розповсюдження забруднення	17 діб	20 діб	15 діб
Максимальне значення швидкості розповсюдження забруднення за недостатнього терміну перерви між впливами ОВТ	3,5 см/г	5,4 см/г	1,9 см/г
Мінімальний необхідний термін перерви у використанні об'єкта	2,5 тижні	3 тижні	2 тижні
Прогнозований час проникнення забруднення до рівня ґрунтових вод (глибина до 6 м) при відсутності перерви між впливами ОВТ або реабілітаційних заходів	52 доби	45 діб	60 діб

Таким чином, можна констатувати, що у місцях проведення інтенсивних бойових дій на півночі Київської області (околиці с. Мощун) через два роки після їх припинення все ще фіксуються певні зміни у вмісті важких металів, зокрема, спостерігається підвищення вмісту таких елементів як мідь та нікель. Разом з тим, щоб отримати більш репрезентативні результати, необхідним є розширення досліджень якісних змін ґрунтів за скоригованою схемою як за кількістю зразків, так і місць їх відбору (дослідження пошкоджених ділянок різного часового виміру).

3.3 Практичні заходи з відновлення хімічно деградованих внаслідок мілітарної діяльності ґрунтів

Основою розроблення системи заходів, спрямованих на відновлення та забезпечення стійкості хімічно деградованих ґрунтів внаслідок мілітарного впливу, має бути їх екологічна оцінка та постійний моніторинг. На сьогодні чинна нормативно-правова база щодо оцінювання шкоди та збитків, завданих землям і ґрунтам України в результаті російської агресії, включає такі ключові документи:

1) Порядок визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації (затверджено постановою КМУ від 20 березня 2022 р. № 326) [48];

2) Методика визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану (затверджено наказом Міндовкілля від 4 квітня 2022 року № 167) [37];

3) Методика визначення шкоди та збитків завданих земельному фонду України внаслідок збройної агресії Російської Федерації (затверджено наказом Мінагрополітики від 18 травня 2022 року № 295) [49].

Згідно з попередніми оцінками [50], тільки за перше півріччя війни загальна сума збитків та шкоди, завданих землям і ґрунтам нашої держави (станом на 01.09.2022 року), становила 15,013 млрд дол., у тому числі:

1) втрати земельного фонду – 11,243 млрд дол., які включали:

- орієнтовні витрати на рекультивацію земель, порушених внаслідок інтенсивних бойових дій;

- збитки, завдані власникам (землекористувачам) земельних ділянок сільськогосподарського призначення;

- витрати на відновлення меліоративних територій;

- витрати на розмінування земель.

2) шкода, завдана земельним ресурсам і ґрунтам через забруднення ґрунтів та засмічення земельних ділянок – 138 млрд грн, або приблизно 3,770 млрд дол.

Як зазначалося вище, ці орієнтовні оцінки завданої шкоди та збитків є попередніми, їх величина змінюється динамічно і остаточно може бути визначена тільки після завершення війни [51].

Наразі в нашій країні внаслідок відсутності системи моніторингу забруднення ґрунтів критично не вистачає якісної інформації про сучасний екологічний стан ґрунтів на національному рівні [52]. Як наслідок, достовірні оцінки ризиків та прогнози забруднення ґрунтового покриву для цілей управління, формування відповідної політики, правил чи регламентів, також відсутні. Слід констатувати також недостатньо широке залучення та впровадження міжнародного досвіду до вирішення проблем багатоаспектної проблеми забруднення ґрунтів.

Складовою системи моніторингу ґрунтів, що розробляється в Україні обов'язково має бути створення та функціонування моніторингу забруднених внаслідок військових дій ґрунтів. Основними завданнями моніторингу хімічно забруднених через мілітарний вплив ґрунтів, за узагальненими пропозиціями українських науковців, мають бути:

1) одержання актуальної та надійної інформації щодо масштабів (локальних, регіональних) забруднення, встановлення конкретних показників щодо впливу джерел забруднення ґрунтів та забруднювальних речовин; формування переліку забруднювачів ґрунтів, враховуючи їхню токсичність, поширеність та стійкість («моніторингові критерії»);

2) моніторинг джерел негативного впливу забруднюючих речовин, екологічного стану ґрунтів через діагностику рівнів забруднюючих речовин різного виду в ґрунті для оцінки його якості, розробка дієвих заходів щодо оптимізації елементного живлення сільськогосподарських культур або недопущення погіршення якості та забезпечення безпеки продовольчої сировини і кормів для тварин в результаті забруднення хімічними речовинами;

3) оцінювання не тільки екологічного стану ґрунтів, але й суміжних середовищ;

4) прогнозування можливих змін екологічного стану ґрунтів для забезпечення їх ефективного менеджменту.

Проведення моніторингових досліджень щодо хімічно забруднених внаслідок мілітарного впливу ґрунтів має здійснюватися як безпосередньо на ділянках, що зазнали впливу бойових дій, так і ґрунтів, що знаходяться поза зоною впливу чинника хімічного забруднення.

Вагомою прогалиною у геохімічних спостереженнях можна назвати те, що наразі не проводяться вимірювання вибухових речовин, так званих пропелентів (хімічних речовин, що використовуються для виробництва газів під тиском), а також органічних забруднювачів. За свідченнями зарубіжних експертів, найбільш поширеними сучасними вибуховими речовинами є поліциклічні нітроароматичні вуглеводні, які на сьогодні практично не вимірюються, у тому числі, і на території України. Однак саме вибухові речовини розглядаються як основні забруднювачі [53, 54], тоді як важкі метали вважають похідними забруднювачами.

Отже, наявні проблеми з геохімією пошкоджених бойовими діями ґрунтів потребують додаткових досліджень.

Експертами та науковцями ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» [4, 55] було запропоновано варіант сценаріїв (стратегій) подальшого використання ґрунтів, забруднених важкими металами внаслідок воєнно-техногенного впливу.

Так, стратегію запобігання забрудненню у локальних зонах впливу бойових дій слід запроваджувати на ґрунтах тих земельних ділянок, які піддані

ризика впливу забруднення за встановленими рівнями вмісту забруднювача, і які не перевищують їх допустимі концентрації в системі «грунт–рослина». Нагромадження токсичних елементів слід відстежувати шляхом проведення моніторингу екологічного стану ґрунту. Цей моніторинг може проводитися за чутливими біоіндикаторами забруднення та/або за рівнями вмісту, зокрема, вмісту рухомих форм важких металів (ВМ) та мікроелементів (МЕ) у орному шарі ґрунту (до 20 см), що не перевищують регіональний фоновий рівень та/або ГДК.

Стратегія ремедіації забруднених ґрунтів та екологічної реабілітації забруднених територій має впроваджуватися у випадках більш значного впливу забруднення на ґрунти і рослинність. У такому разі збитки агровиробництву можуть бути знижені завдяки системному поєднанню застосування різноманітних методів екологічної реабілітації техногенно забруднених ґрунтів і земель.

Відомо, що здатність ґрунтів відновлювати свої функціональні характеристики, втрачені внаслідок воєнно-техногенного впливу, залежить насамперед від типу ґрунту, рівня військового та антропогенного навантаження, а також від ландшафтних умов певної території. Тому одним із перспективних напрямів відновлення якості ґрунтів та збереження довкілля може бути фіторемедіація [56]. Перевагами фіторемедіації є гнучкий підхід до вибору фітомедіатора, а також те, що фіторемедіацію можна поєднувати з традиційними методами відновлення ґрунтів, тим самим підвищуючи їх ефективність [57, 58].

Стратегію консервування застосовують або у випадках надвисоких рівнів забруднення ґрунтів і рослинності або за низької ефективності вже впровадженої системи екологічної реабілітації земельних ділянок та паралельно зростаючого ризику негативного впливу на здоров'я людини.

Обов'язковою умовою вирішення проблеми відновлення порушених земель і ґрунтів, визначення шляхів їх подальшого збалансованого використання має бути внесення змін і доповнень до чинних законодавчих і нормативно-правових актів України [59], зокрема, до Земельного кодексу України, Закону

України «Про охорону земель», Порядку консервації земель, Правил розроблення робочих проєктів землеустрою, а також розроблення нових стандартів, настанов, регламентів й державних цільових програм із урахуванням міжнародного досвіду та українських науковців.

Підсумовуючи міжнародний та вітчизняний досвід запровадження сучасних технологій ремедіації й відтворення хімічно забруднених ґрунтів, у тому числі, внаслідок воєнного впливу, можна виділити такі основні напрями:

- застосування технологій обробки (культивуації) та екологічної реабілітації ґрунтів уражених екосистем;

- впровадження сучасних технологій рекультивації земель (на основі детальних обстежень із використанням як польових, так і дистанційних методів);

- використання технологій ґрунтово-ландшафтного конструювання, які включають такі елементи як дренажні та поливні системи, терасування, геотекстильні та габійні промислові конструкції тощо;

- впровадження системи застосування добрив, яка за воєнного стану має певну специфіку, яка полягає в ощадному використанні засобів хімізації;

- розробка і впровадження технологій нормування техногенного впливу на ґрунти з метою запобігання забруднення та деградації пошкоджених ґрунтів.

Разом з тим, слід враховувати, що сільськогосподарські угіддя зони Полісся, у тому числі, й Київської області, зазнали набагато менших збитків, аніж ґрунти східних чи південних областей України, тому вагомим аспектом у післявоєнний відновлювальний період є запровадження заходів, спрямованих на підвищення продуктивності низькородючих ґрунтів Полісся з метою забезпечення сталого розвитку та досягнення економічної та продовольчої безпеки.

ВИСНОВКИ

Рядом зарубіжних та вітчизняних науковців доведено, що важкі метали є найпоширенішими серед численних факторів мілітарного впливу на ґрунтовий покрив. На територіях інтенсивних бойових дій в Україні виявлено значне підвищення вмісту ртуті, миш'яку, цинку та кадмію, систематично спостерігається підвищений вміст нікелю, свинцю, барію, фосфору.

Показано, що забруднення важкими металами є одним із чинників, що визначають як продуктивність сільськогосподарських культур, так і якість сільськогосподарської продукції. Внаслідок високої мобільності важкі метали переміщуються трофічними ланцюгами і тим самим, через свою токсичність, канцерогенність та мутагенність, створюють загрозу для людини. Тому проведення моніторингу екологічного стану ґрунтів щодо вмісту важких металів, особливо на територіях, де проходили бойові дії, є надзвичайно важливим.

Встановлено, що у місцях проведення інтенсивних бойових дій на півночі Київської області (околиці с. Мощун) через два роки після їх припинення все ще фіксуються певні особливості щодо вмісту важких металів, зокрема, спостерігається підвищення вмісту таких ВМ як мідь та нікель. Водночас не спостерігалось перевищення валових форм таких елементів як свинець, миш'як, кадмій та ртуть. Це можна пояснити особливостями перерозподілу забруднювачів у горизонтальному і вертикальному напрямку та фактором часу. Разом з тим, для отримання більш надійних результатів, необхідним є розширення досліджень якісних змін ґрунтів за скоригованою схемою. Ці результати підтверджено дослідженнями, проведеними у схожих ландшафтно-ґрунтових умовах, де не було зафіксовано значного техногенного або військового впливу.

На основі узагальнення міжнародного та вітчизняного досвіду визначено основні напрями відтворення хімічно забруднених внаслідок воєнного впливу ґрунтів, що включають застосування технологій обробки (культивуації) та

екологічної реабілітації ґрунтів; сучасних технологій рекультивації земель; використання технологій ґрунтово-ландшафтного конструювання; впровадження системи ощадного використання засобів хімізації; розробку і впровадження технологій нормування техногенного впливу на ґрунти з метою запобігання забруднення та деградації пошкоджених ґрунтів.

Водночас, враховуючи, що сільськогосподарські угіддя Київської області зазнали менших збитків, аніж ґрунти східних чи південних областей України, вагомим аспектом може бути і системне застосування науково-обґрунтованих заходів, спрямованих на підвищення продуктивності низькородючих ґрунтів Полісся.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Напрямки вдосконалення природоохоронної діяльності в Збройних Силах України. Науково-методичний посібник / За ред. О.І. Лисенка, С.М. Чумаченка, Ю.І. Ситника. К.: ННДЦ ОТ і ВБ України, 2006. 424 с.
2. Голубцов О., Сорокіна Л., Сплодитель А., Чумаченко С. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів [Електронний ресурс]. ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii.pdf>
3. Дідух, Я. П. (2022). Екосистемний підхід до оцінки збитків, завданих воєнними діями. *Visnik Nacionalnoi Akademii Nauk Ukraini*, (6), 16–25. <https://doi.org/10.15407/visn2022.06.016>
4. Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення: монографія; за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера, М. І. Ромащенко. Київ: Аграрна наука, 2024. 340 с.
5. Gillies, J.A., Kuhns, H., Engelbrecht, J.P., Uppapalli, S., Etyemezian, V., Nikolich, G., 2007. Particulate emissions from U.S. Department of Defense artillery backblast testing. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 57 (5), 551–560. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.57.5.551>
6. 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/10.1080/15459624.2020.1836375>
7. Dimitrios Kalderis, Albert L. Juhasz, Raj Boopathy, and Steve Comfort. Soils contaminated with explosives: Environmental fate and evaluation of state-of-the-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

8. Екологічний паспорт Київської області. 2022 рік. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Ekologichnyj-pasport-Kyyivska-oblast.pdf>

9. Географія ґрунтів України. Навч. посібник / А.Д. Балаєв, Г.І. Нестеров, О.Л. Тонха. К., 2011. 213 с.

10. Костюченко М. В., Грищенко О. М., Шило Л. Г. Сучасний стан ґрунтів Поліської зони Київської області. *Актуальність впровадження системних заходів щодо попередження та захисту ґрунтів від деградації*: зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф., 20–23 листопада 2018 р., Чернівці, 2018. С. 33–34.

11. Карта бойових дій на території України. URL: <https://deepstatemap.live/>

12. Є. Бережняк, В. Бондарь, О. Наумовська, О. Ракоїд, А. Клепко, М. Ладика, М. Лазарєв, О. Дем'янюк. Аналіз прояву деградаційних процесів ґрунтового покриву Київської області за впливу воєнних дій. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 4. С. 116–128. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2025.324377>

13. S. V. Domuschy, V. I. Trigub. The influence of military actions on the environmental condition of the soils of Ukraine. *Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації*. зб. матеріалів Міжн. наук.-практ. конф., 20 жовтня 2022 р., м. Харків. С. 54–57.

14. Amir H., Mohammadzadeh M., Gruszecka-Kosowska A. The preventive and carcinogenic effect of metals on cancer: a systematic review. *Khoshakhlaghetal. BMC Public Health*. 202. 24. 2079.

15. Popovich V., Gapalo A. Monitoring of Ground Forest Fire Impact on Heavy Metals Content in Edafic Horizons, *Journal of Ecological Engineering*. 2021. 22(5). 96–103.

16. Наслідки російської окупації Київщини. URL: <https://uainfo.org/blognews/1680244767-tragediya-buchi-irpenya-ta-gostomelya-yak-sili-oboroni-ukrayini.html>

17. Повномасштабне вторгнення Росії в Україну завдало довікілью Києва та області майже 50 мільярдів збитків <https://suspilne.media/kyiv/648112->

povnomasstabne-vtorgnenna-rosii-v-ukrainu-zavdalo-dovkillu-kievu-ta-oblasti-majze-50-milardiv-zbitkiv/

18. Зайцев Ю. О., Грищенко М., Романова А., Зайцева І.О. Вплив бойових дій на вміст валових форм важких металів у ґрунтах Сумського та Охтирського районів Сумської області. *Агроекологічний журнал*. 2022(3):136-149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163245>

19. Корсунь С.Г., Клименко І.І., Болоховська В.А., Болоховський В.В. Транслокація важких металів у системі «ґрунт–рослина» за вапнування та впливу біологічних препаратів. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 29–35. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163245>

20. Ткачук О.П., Шкатула Ю.М., Титаренко О.М. Сільськогосподарська екологія: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2020. 542 с.

21. Пащенко Я.В. Буферні властивості ґрунтів Полісся різного генезису щодо важких металів. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний збірник*. 1988. Спецвип. С. 77–78.

22. Денісов Н., Аверін Д., Юшук А. та ін. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. Київ: ВАІТЕ, 2017. 88 с.

23. Балюк С. А., Кучер А. В., Солоха М. О., Соловей В. Б. Оцінювання впливу збройної агресії РФ на ґрунтовий покрив України. *Укр. геогр. журнал*, № 1, 2024. С. 7–18. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007>

24. ДСТУ ISO 11047:2005. Якість ґрунту. Визначання кадмію, хрому, кобальту, купруму, плюмбуму, мангану, ніколу та цинку в екстракті, отриманому після оброблення ґрунту «царською водкою». Методи полуменевої та електротермічної атомно-абсорбційної спектрометрії (ISO 11047:1998, IDT). [Чинний від 2008–01–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2004. 20 с.

25. Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин: Постанова КМУ від 17.12.2021 року. Урядовий кур'єр. 2021. № 243.

26. Summary Report. Rwanda: From Post-Conflict to Environmentally Sustainable Development. UNEP. URL:

http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/issue07/1117_eng_ch9.pdf
179

27. Sudan. Post-Conflict Environmental Assessment. UNEP, 2007. URL: http://postconflict.unep.ch/publications/UNEP_Sudan.pdf 180

28. Republic of Lebanon. Economic Assessment of Environmental Degradation Due to July 2006 Hostilities. October, 2007. The World Bank. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/7619/397870LB.pdf?sequence=1> 181

29. Environmental Assessment of the Gaza Strip following the escalation of hostilities in December 2008. January 2009. UNEP, 2009. URL: http://www.unep.org/PDF/dmb/UNEP_Gaza_EA.pdf

30. Вибухові боєприпаси. Посібник для України. 2-ге видання / Ролі Еванс, Боб Седдон, Йована Чарапіч. Київ: Вид. дім «Професіонал», 2023. 224 с.

31. Simonov, Eugene & Vasyliuk, Oleksii & Spinova, Yuliia. (2022). Журнал про екологічні наслідки війни. Ukraine War Environmental Consequences Work Group. UWEC. Випуск 2.

32. Wyatt J. Law-making at the intersection of international environmental, humanitarian and criminal law: the issue of damage to the environment in international armed conflict / Humanitarian debate: Law, policy, action. Environment // International Review of the Red Cross. – September 2010. – Vol. 92, No. 879. – P. 623–624.

33. Війна і довкілля: заповідники в зоні АТО. URL: <http://life.pravda.com.ua/society/2015/03/7/190398/>.

34. Tomic N.T. et al. Examining the Effects of the De-destroying Ammunition, Mines and Explosive Devices on the Presence of Heavy Metals in Soil of Open Detonation Pit; Part 2: Determination of Heavy Metal Fractions. Water, Air, and Soil Pollution. 2018. Vol. 229. № 303. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3950-7>

35. Балюк, Г. І., Шомпол, О. А. Національні та міжнародно-правові проблеми регулювання охорони довкілля і забезпечення екологічної безпеки під

час збройних конфліктів // Адміністративне право і процес. 2015. № 2 (12). С. 142–158. URL: <https://goo.gl/MwIomb>.

36. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / Анастасія Сплодитель, Олександр Голубцов, Сергій Чумаченко, Людмила Сорокіна, ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія». 2023. URL: <https://dspace.organic-platform.org/items/6c10f59a-b617-4b54-8b63-880033497be2>

37. Методика визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 04 квітня 2022 року № 167. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text>

38. Гупал В.В., Чорнявська І.Р. Вміст важких металів у ґрунтах захисних лісових насаджень призалізничної території. *Вісник Полтавської державної аграрної академії. Сільське господарство. Екологія*. 2018. № 4. С. 123–130.

39. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Галицька М.А., Диченко О.Ю., Тараненко С.В. Дослідження впливу техногенного забруднення внаслідок воєнних дій на показники ґрунту агроценозів. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 94–103.

40. Шепелюк М.О. Визначення вмісту важких металів у ґрунтах різних екологічних зон міста Луцька. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 317–321.

41. Лісова Н. Вплив військових дій в Україні на екологічний стан території. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Географія*. 2017. № 2. С. 165–173.

42. Вплив війни на довкілля. Земля і ґрунти. URL: <https://www.sw.dei.gov.ua/post/2021>

43. Як врятувати ґрунти від наслідків війни? URL: <https://www.agrilab.ua/yak-vryatuvaty-grunty-vid-naslidkiv-vijny/>

44. Вергін Юлія. Війна в Україні: як боєприпаси отруюють ґрунти. DW. 2023. 07 березня. URL: <https://www.dw.com/uk/vijna-v-ukrainiak-boeprisasi-otruuuut-grunti/a-64906233>
45. Дмитренко О.В., Дем'янюк О.С., Погоріла Л.П., Свидинюк Н.Л., Рожа В.В., Кирилюк П.М., Романенко В.М. Екотоксикологічна оцінка дерново-підзолистого ґрунту за впливу бойових дій. *Агроєкологічний журнал*. 2023 (4). С. 89–96.
46. 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, с.179-191.
47. Alloway B.J. *Heavy metals in soils*. Blackie, London, 1990, 332 p.
48. Порядок визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Постанова КМУ від 20 березня 2022 року № 326. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-%D0%BF#Text>
49. Методика визначення шкоди та збитків завданих земельному фонду України внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Наказ Мінагрополітики від 18 травня 2022 року № 295. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0586-22#Text>
50. Кучер А.В. Оцінювання шкоди та збитків, завданих збройною агресією земельному фонду та ґрунтовим ресурсам: реалії та перспективи. *Сучасний стан ґрунтового покриття України в умовах збройної агресії російської федерації*. зб. матеріалів Міжн. наук.-практ. конф., 20 жовтня 2022 р., м. Харків. С. 91–93.
51. FAO. *Ukraine: Note on the Impact of the War on Food Security in Ukraine*; FAO: Rome, Italy, 2022; Volume 22, pp. 1–9.
52. Величко В.А., Мартин А.Г., Новаковська І.О. Моніторинг ґрунтів України – проблеми землевпорядного, ґрунтознавчого та наукового забезпечення. *Вісник аграрної науки*. 2020, №7 (808). С. 5–16.
53. Certini G., Scalenghe R., Woods W. I. The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*. 2013. V. 127. P. 1–15. URL: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.009>

54. Broomandi P., Guney M., Kim J. R., Karaca F. Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*. 2020. V. 12. No. 21. URL: <https://doi.org/10.3390/su12219002>

55. Екологічна реабілітація техногенно забруднених важкими металами ґрунтів. *Методика*; за ред. А. І. Фатєєва, В. Л. Самохвалової. Харків: Смугаста типографія, 2016. 147 с.

56. Kulyk, M.I., Galytska, M.A., Samoylik, M.S., & Zhornyk, I. I. Phytoremediation Aspects of Energy Crops Use in Ukraine Agrology. 2018. No 4 (1). С. 373–381.

57. Melnychenko, V. (2024). Phytoremediation of soils contaminated as a result of military and anthropogenic impact. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 20(4),72-84. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2024.72>

58. Martin T.A., Ruby M.V. Review of in situ remediation technologies for lead, zinc, and cadmium in soil. *Wiley Periodicals*. 2004. No 10. С. 115-120. doi: 10.1002/rem.20011.

59. Єстеревська Л. В., Момот Г. Ф., Шимель В. В. Рекультивація земель, порушених за військової агресії російської федерації: технологічні аспекти, нормативне забезпечення. *Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації*. зб. матеріалів Міжн. наук.-практ. конф., 20 жовтня 2022 р., м. Харків. С. 57–60.