


# TRANSITION

Transition Promotion Program



## МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВІДБОРУ ПРОБ ҐРУНТУ В ЗОНАХ БОЙОВИХ ДІЙ

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М. П. Семененка НАН України  
ГО «Українська природоохоронна група»

А. О. Сплодитель

# МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВІДБОРУ ПРОБ ҐРУНТУ В ЗОНАХ БОЙОВИХ ДІЙ

УДК 550.4:54.05:[504.61:355.01](083.13)

C71

*Рекомендовано вченою радою Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України. Протокол № 7 від 07.09.2023 р.*

**Автор:** канд. геогр. наук **Сплодитель А. О.**

**Рецензенти:**

доктор географічних наук, професор кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка **Папіш І. Я.**

доктор географічних наук, старший науковий співробітник відділу ландшафтознавства Інституту географії НАН України **Сорокіна Л. Ю.**

**Сплодитель А. О.**

C71      Методичні рекомендації з відбору проб ґрунту в зонах бойових дій / А. О. Сплодитель. – Київ – Чернівці : Друк Арт, 2023. – 40 с.  
ISBN 978-617-8129-42-2

В роботі систематизовано стратегії та підходи під час відбору проб, запропоновано алгоритм науково-пошукових заходів із дослідження ґрунтів зон бойових дій. Основна увага приділена виявленню екологічних проблем, що зумовлені воєнним впливом на ґрунти, ідентифікації забруднювачів та оцінці воєнного впливу на еколого-геохімічний стан ґрунтового покриву.

Рекомендовано для географів, ґрунтознавців, геохіміків, екологів, студентів закладів вищої освіти.

**УДК 550.4:54.05:[504.61:355.01](083.13)**

The paper systematises strategies and approaches to sampling, and proposes an algorithm for scientific research activities to study the soils of combat zones. The main attention is paid to the identification of environmental problems caused by military impact on soils, the identification of pollutants and the assessment of military impact on the ecological and geochemical state of the soil cover. It is recommended for geographers, soil scientists, geochemists, ecologists, and students of higher education institutions.

**TRANSITION**

Transition Promotion Program

Видано ГО «Українська природоохоронна група» в рамках проекту «**Natural potential in community plans of the post-war Mykolaiv Oblast**». Проект реалізується у 2023 році за фінансової підтримки Міністерства закордонних справ Чеської Республіки у рамках Transition Promotion Program.

ISBN 978-617-8129-42-2

© Сплодитель А. О., 2023

© Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України, 2023

© ГО «Українська природоохоронна група», 2023

# ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1. ПЛАНУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ПРОБОВІДБОРУ .....	6
2. ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА ТЕРИТОРІЇ .....	6
2.1. Огляд наявних даних.....	6
2.2. Загальні відомості .....	6
2.3. Характеристики ділянки дослідження.....	7
2.4. Характеристика забруднювачів .....	8
2.5. Методи попередньої оцінки ризиків забруднення.....	11
3. КАМПАНІЯ З ВІДБОРУ ПРОБ.....	14
3.1. Стратегії відбору проб .....	14
3.2. Глибина відбору проб .....	22
3.3. Типи проб .....	23
4. МЕТОДИ ВІДБОРУ ПРОБ .....	23
4.1. Відбір проб.....	23
4.2. Інструменти відбору проб.....	25
4.3. Миття використовуваного обладнання .....	26
4.4. Підготовка проб в польових умовах.....	27
4.5. Опис проб .....	27
4.6. Ідентифікація та зберігання проб.....	29
4.7. Звіт про відбір проб .....	29
ВИСНОВКИ .....	30
ГЛОСАРІЙ.....	31
ЛІТЕРАТУРА .....	33
ДОДАТОК 1 .....	36
ДОДАТОК 2 .....	37

## ВСТУП

Протягом останніх років спостерігається зростання усвідомлення екологічних проблем, що зумовлені воєнним впливом на ґрунти. Ідентифікація забруднювачів та оцінка воєнного впливу є складним завданням. Відсутність повноцінного фізичного доступу до територій воєнного впливу обмежує відбір проб ґрунту, що репрезентують фонове та воєнно-техногенне навантаження. Одержання якісних результатів потребує інструментів для розробки та застосування обґрунтованих планів відбору проб.

Еколого-геохімічна оцінка ґрунтового покриву є невід'ємною складовою характеристики рівня воєнного навантаження на ґрунти. Під еколого-геохімічним станом ґрунтового покриву пропонуємо розуміти комплекс ґрунтових властивостей, що визначають ступінь їх відповідності еколого-геохімічним умовам та придатності до цілісного функціонування ґрунтів.

Метою репрезентативного відбору проб ґрунту є отримання точних даних про еколого-геохімічний стан ґрунтів з перспективою розроблення найкращих практик відновлення земель. Це передбачає визначення місцезнаходження та ідентифікації потенційних джерел забруднення, встановлення загрози здоров'ю населення, визначення порогового рівня забруднення, розробку заходів з відновлення.

До недавнього часу характеристика еколого-геохімічного стану ґрунтів переважно здійснювалася за результатами дискретного відбору проб. Однак дослідження останніх десятиріч свідчать, що вибухові речовини та важкі метали, які потрапляють у ґрунтове середовище, призводять до просторово неоднорідного їх розподілу (Hewitt та ін. 2009, 2007, 2005a; Jenkins та ін. 2005a). Неоднорідний розподіл забруднювачів найчастіше є найбільшим джерелом варіабельності аналітичних даних (МАГАТЕ, 2004). Нерідкісні випадки, коли дві проби ґрунту, зібрані на відстані одного метра один від одного, можуть відрізнятись на 50-100% за концентрацією окремих забруднювачів. На якість результатів концентрації забруднюючих речовин також впливають такі фактори, як транспортування, збереження та обробка проб. Нерелевантність аналітичних даних також пов'язана з хибною стратегією та методами відбору, трудомісткістю підготовки проб у польових умовах.

Важливо розуміти, що проби, репрезентативні для ділянки дослідження, не обов'язково є «репрезентативними пробами». Наприклад, проби ґрунту можуть бути відібрані лише в місцях, де зафіксовано ознаки забруднення (маслянисті плями, фрагменти вибухонебезпечних речовин). Це приклад «суб'єктивного» відбору проб, коли конкретні місця на ділянці обираються з певних причин, а їх результати вільно інтерполюються окремими фахівцями на всю ділянку дослідження.

Оскільки ґрунт на територіях воєнного впливу часто містить металеві залишки, ефективність випадкового відбору проб для визначення рівня

забруднення є сумнівною. При високому рівні неоднорідності розподілу забруднюючих речовин результат аналізу проби здебільшого є репрезентативним лише для окремої точки. Тому висновки щодо реальної концентрації забруднюючої речовини в межах досліджуваної площі неможливі без достатньої кількості повторних проб.

В основу рекомендацій покладено розробки Центру інженерних досліджень та розвитку (Лабораторія досліджень та інженерії холодних регіонів) Інженерного Корпусу армії США. Ці рекомендації надають користувачам основні вимоги щодо проведення відбору проб ґрунту для геохімічного аналізу, що є важливою складовою екологічної оцінки земель при розробленні заходів з рекультивації. Однак він не є вичерпним оглядом усіх існуючих методів відбору проб ґрунту. Планування та відбір мають здійснюватися фахівцями в цій галузі, які здатні надати професійну оцінку кожного конкретного типу воєнного впливу на ґрунти.

# 1. ПЛАНУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ПРОБОВІДБОРУ

Враховуючи повноваження місцевих громад, які визначені реформою децентралізації, громади цілком ймовірно будуть основними операційними одиницями для оцінювання обсягу завданих збитків для ґрунтів, розроблення планів із відновлення та провадження конкретних заходів із рекультивації пошкоджених земель. На місцевому рівні можуть бути ініційовані детальні дослідження наслідків бойових дій для ґрунтів із застосуванням комплексу методів (польових і дистанційних, лабораторних аналізів зразків ґрунту). Зацікавленими сторонами в проведенні пробовідбору ґрунту в зонах воєнного впливу є представники громад, окремі власники та орендарі земель, а також державні службовці, які беруть участь у прийнятті рішень.

Результати пробовідбору можуть бути корисними для прийняття рішень щодо доцільності проведення заходів з рекультивації, встановлення відповідності концентрації забруднюючих речовин нормативам, загрозі підземним водам та ймовірності використання одержаних результатів як вхідних даних для моделей оцінки ризиків.

## 2. ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА ТЕРИТОРІЇ

Перед проведенням кампанії з відбору проб важливо проаналізувати наявні дані, у першу чергу – щодо історії воєнного впливу та господарського використання ділянки для того, щоб визначити цілі дослідження. Для отримання додаткової інформації доречно застосовувати методи попередньої оцінки ризиків забруднення ділянки, що описані нижче.

Визначення площі дослідження потребує означення просторових і часових меж (тобто: що має бути досліджено; місце, де мають бути відібрані проби; часові рамки як для відбору проб, так і для аналітичної частини дослідження).

### 2.1. Огляд наявних даних

Метою цього етапу є ознайомлення з досліджуваною територією, попередня оцінка ризику забруднення ґрунтів внаслідок воєнних дій, виявлення потенційних ризиків забруднення та визначення пріоритетних ділянок для обстеження. Збір наявних даних містить вивчення типу воєнно-техногенних впливів на ділянку та рекогносцирувальний візит.

### 2.2. Загальні відомості

Дані про історію ділянки можуть надати відповідну інформацію про тип забруднюючих речовин, що потенційно складають ризик забруднення, а також конкретні зони, що можуть бути забруднені. Ці дані містять інформацію про довоєнний та післявоєнний вплив:

- Як ділянка використовувалася в минулому, який тип воєнного впливу є провідним, і яке використання заплановане в майбутньому?
- Чи була територія вогневою точкою, зоною ураження чи характеризується здебільшого опосередкованим впливом?
- Чи відбулися деформація ґрунтового покриву або засмічення поверхні продуктами бойової діяльності?
- Чи перебуває ділянка у державній чи приватній власності?
- Яким є поточне або заплановане землекористування?

Крім того, надається інформація про можливі розливи паливно-мастильних матеріалів, засипані місця бомбтурбації та локації оборонних споруд.

При проведенні відбору проб ґрунту місцеві громади мають надати плани території, попередні звіти про відбір проб (за наявності) тощо.

### **2.3. Характеристики ділянки дослідження**

Важливо знати якомога точніше ландшафтно-геохімічні характеристики досліджуваної території під час відбору проб, а також про будь-які наявні або підозрювані забруднюючі речовини. Інформація, отримана в польових умовах, забезпечує краще розуміння процесів міграції забруднюючих речовин та раціональність розміщення точок пробовідбору.

Основними складовими, які необхідно ідентифікувати в польових умовах, є особливості ландшафтно-геохімічних та гідрогеологічних умов, характеристики забруднюючих речовин.

Основним завданням цього блоку досліджень є виявлення ландшафтно-геохімічної структури території та залежних від неї особливостей перерозподілу (умов міграції) забруднюючих речовин в ландшафтах, що складає важливий науково-прикладний аспект вивчення наслідків воєнного впливу.

Гідрогеологічні характеристики ділянки визначаються шляхом збору даних про рівень ґрунтових вод, їх теперішнє або потенційне використання. Поєднання геоморфологічних та геологічних матеріалів з аналізом механізмів міграції забруднювачів у ґрунтах можна використати для попереднього визначення ділянок, які, найімовірніше, будуть забруднені, і таким чином обрати стратегію відбору проб.

Напрямок переважаючих вітрів також необхідно враховувати під час попередньої оцінки території. Ця інформація необхідна, оскільки забруднюючі частинки або пил здебільшого переміщуються у зваженому стані, осідаючи на поверхню ґрунту та формуючи локальні геохімічні аномалії. Якщо роза вітрів виражена нечітко, тоді відбір проб необхідно виконувати в усіх напрямках рівномірно.

Будь-яка інформація про наявність окопів, бліндажів, протитанкових споруд є важливою, оскільки оборонна інфраструктура значно змінює характеристики досліджуваної території та впливає на міграцію забруднюючих речовин. Враховуючи, що ґрунти цих територій зазнали порушення генетичних горизонтів, як правило, вони більш схильні до змін грануло-



метричного та агрегатного складу, ніж фонові ґрунти. Вони більш інтенсивно накопичують забруднюючі речовини внаслідок порушення процесів інфільтрації та сприяють їх міграції.

Фізичні та хімічні характеристики забруднювачів мають вирішальний вплив на процеси міграції. Поведінка забруднюючих речовин в ґрунті визначається як їх фізико-хімічними властивостями, такими як розчинність, коефіцієнт поглинання та розподілу, так і характеристиками ґрунту. Крім того, токсичність забруднюючих речовин має значний вплив на мікробіологічні та ферментативні властивості ґрунту та потребує проведення еко-токсикологічних досліджень.

## **2.4. Характеристика забруднювачів**

При характеристиці забруднювачів доцільно попередньо виявити, які компоненти боєприпасів були вивільнені (вибухові речовини, важкі метали, білий фосфор, комбінація попередньо зазначених).

Основні групи забруднювачів: неорганічні та органічні

### **Неорганічні:**

#### *Важкі метали*

Важкі метали містяться у всіх боєприпасах. Деякі боєприпаси містять лише метали (наприклад, запалювальні речовини). Якщо тип боєприпасу відомий, аналіз на вміст металів може ґрунтуватися на конкретному переліку. Якщо ні, то рекомендується проводити аналіз на наявність 23 металів із загального переліку (алюміній, сурма, миш'як, барій, берилій, кадмій, кальцій, хром, кобальт, мідь, залізо, свинець, магній, марганець, ртуть, нікель, калій, селен, срібло, натрій, талій, ванадій і цинк), якщо не існує спеціального переліку для конкретної території (Clausen et al. 2004).

Залежно від боєприпасів, що використовуються на території, цирконій, титан і стронцій також можуть бути потенційними металами, що викликають занепокоєння. Перевірка більш широкого переліку металів є доцільною, коли є потреба встановити їх фоновий вміст. Це дозволить застосувати геохімічний підхід до інтерпретації даних. Наприклад, кореляція між металом, не пов'язаним з ділянкою дослідження (тобто фоновим), таким як магній, може свідчити про те, що цей метал дійсно є місцевим.

Su, C. та ін. (2014) підтвердили, що важкі метали накопичуються у верхніх 10 см ґрунту. Адсорбція та іонний обмін були визначені як основні механізми утримання та біоаккумуляції. Глинистий ґрунт має більшу реакційну поверхню, тому очікується, що він матиме нижчий рівень рН і притягуватиме більше іонів металів, ніж мул і пісок. Утримувані таким чином важкі метали стають біологічно доступними для навколишніх екосистем.

При детонації високого порядку дрібні металеві фрагменти снарядів розлітаються на різні відстані, залежно від їх потужності та, відповідно, радіуса розльоту. Часткові детонації розкидають найбільші фрагменти корпусу снаряда. Аналіз ґрунту в місцях застосування стрілецької зброї в Україні виявив підвищений вміст марганцю, заліза та алюмінію. Однак

найвищі показники виявлено для свинцю, міді, кадмію, ртуті, миш'яку, нікелю. В поодиноких пробах фіксується вольфрам. Metали також можуть бути відкладені піротехнічними та димовими снарядами. Піротехнічні засоби найчастіше також містять барій, сурму, стронцій, мідь, магній, марганець, хром і свинець.

#### *Інші неорганічні забруднювачі*

До цієї категорії належать неорганічні сполуки інших металів, коли вони досягають потенційно шкідливої концентрації (Fe, Cl, Al, Sr, Mn, S), а також солі, ціаніди та інші менш поширені неорганічні сполуки.

#### **Органічні:**

*Вибухові речовини* – хімічні сполуки чи суміші речовин, здатні до швидкого самопоширюваного хімічного перетворення (вибуху) з виділенням великої кількості газу і теплової енергії. До цієї категорії забруднювачів належать нітросполуки (тринітротолуол, пікринова кислота), солі азотної (нітрат амонію), гримучої (гримуча ртуть), азотистоводневої (азид свинцю) кислот, органічні ефіри азотної кислоти (нітрогліцерин, піроксилін, нітрогліколь) та ін. За призначенням вони поділяються на ініціюючі (гримуча ртуть, азид свинцю, тетразен, тринітрорезорцинат свинцю, солі хлорної кислоти є високочутливими до найпростіших початкових імпульсів – удару, тертя, нагрівання, іскри – і застосовуються для збудження вибухових перетворень у заряді) та бризантні (гексоген, октоген, тетрил, тротил, суміші на основі аміачної селітри).

Як показано в таблиці 1, найпоширеніші вибухові сполуки, що використовуються військовими, включають 2,4,6-тринітротолуол (TNT), 1,3,5-гексагідро-1,3,5-тринітро-1,3,5-триазин (RDX), октагідро-1,3,5,7-тетранітро-1,3,5-тетразоцин (HMX), нітроцелюлоза (NC), нітрогліцерин (NG), нітрогуанідин (NQ), 2,4-динітротолуол (DNT), 2,6-динітротолуол (DNT), 2,4,6-тринітрофенілметилнітрамін (тетрил) та пентаеритриол тетранітрат (PETN). (Baskin & Holcomb, 2005, Pichtel, 2012; Армія США, 1990).

**Таблиця 1.** Найпоширеніші вибухові речовини воєнно-техногенного походження (Pichtel, 2012; De la Ossa 2012)

<b>Хімічна сполука</b>	<b>Абревіатура</b>	<b>Хімічна формула / склад</b>
<b>Вибухові речовини</b>		
Тринітротолуол	TNT	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> N <sub>3</sub> O <sub>6</sub>
Гексоген	RDX	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> N <sub>6</sub> O <sub>6</sub>
Октоген	HMX	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> N <sub>8</sub> O <sub>8</sub>
<b>Пропеленти</b>		
Нітрогліцерин	NG	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> N <sub>3</sub> O <sub>9</sub>
Нітроцелюлоза	NC	[C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> (OH) <sub>3-x</sub> (ONO <sub>2</sub> ) <sub>x</sub> ] <sub>n</sub>
Нітро-гуанідин	NQ	CH <sub>4</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>
Динітротолуол	DNT	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>

Характеристика вибухових речовин щодо токсичності хімічного забруднення:

1. Ініціювальні (первинні) вибухові речовини:

- солі важких металів гримучої кислоти: гримуча ртуть  $\text{Hg}(\text{ONC})_2$  і гримуче срібло  $\text{AgONC}$ ;
- похідні азотисто-водневої кислоти: азид свинцю  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ , азид срібла  $\text{AgN}_3$  і ціануртріазид  $\text{C}_3\text{N}_3(\text{N}_3)_3$ ;
- солі важких металів стифнінової і пікринової кислот: стифнат свинцю  $\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{O}_2\text{Pb}$  і тетразен  $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_4$ .

2. Бризантні вибухові речовини:

- ініціювальні (вторинні): тетрил  $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{NCH}_3\text{NO}_2$ , ТЕН –  $\text{C}(\text{CH}_2\text{ONO}_2)_4$ , октоген –  $\text{C}_4\text{N}_4\text{H}_8(\text{NO}_2)_4$ , гексоген –  $(\text{CH}_2\text{NNO}_2)_3$ ;
- звичайні бризантні: тротил –  $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$ , нітрогліколь –  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{ONO}_2)_2$ , нітрогліцерин –  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$ , пікринова кислота –  $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{OH}$ , динітробензол –  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$ , нітродигліколь –  $\text{OC}_4\text{H}_8(\text{ONO}_2)_2$ ; нітрати (ефіри) азотної кислоти: нітрогліцерин, нітрат амонію  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

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

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

Піротехнічні суміші поділяють на дві групи: хлоратні й нітратні. Основою хлоратних сумішей є подвійна суміш хлорату калію  $\text{KClO}_3$  з горючим (смола, вуглеводні), який є токсичним, тому що сприяє розкладу еритроцитів. Ця суміш дає інтенсивне горіння з утворенням білого полум'я. Для забарвлення додають до неї відповідну сіль: натрію –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , барію –  $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ , стронцію –  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{SrC}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  та міді –  $\text{CuCNS}$ . Основними компонентами сигнальних сумішей на основі нітратів є:  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  + магній + флегматизатор,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  + магній + флегматизатор. Всі основні їхні компоненти є токсичними.

У зонах бойових дій найбільша кількість вибухових речовин осідає в результаті часткової детонації (низького порядку). Ці залишки не мають широкого розповсюдження та утворюють локальні ореоли високої концентрації. Для артилерійських цілей концентрація вибухонебезпечних залишків набагато нижча, ніж для протитанкових ракетних цілей. Причиною цього є більша відстань між вогневими позиціями і цілями, що призводить до того, що деякі детонації відбуваються далеко від цілей. Така ж ситуація спостерігається і з мінометними мішенями, які часто використовуються як для артилерійських, так і для мінометних стрільб.

#### *Стійкі органічні забруднювачі*

Розчинність визначає тенденцію забруднювачів до мобілізації шляхом вилугування під час опадів або затоплення. До цієї групи належать:

фурфурол, діоксин, нафтопродукти (сольвенти, відходи гальваніки). Висока розчинність (наприклад, фенолів) є обтяжливим фактором забруднення (прискорена дисперсія у воді, біодоступність тощо).

*Леткі органічні сполуки:* насичені та ароматичні вуглеводні (бензол, бенз(а)пірен, Ттолуол, тротил, гексоген, нітрогліцерин), ароматичні нітросполуки. Розпад ароматичних вуглеводнів у ґрунті не супроводжується зменшенням потенціалу небезпечності, оскільки продукти розпаду або метаболіти, як правило, краще розчиняються у воді та таким чином є більш рухомі, ніж сама вихідна сполука ароматичних вуглеводнів.

## **2.5. Методи попередньої оцінки ризиків забруднення**

Непрямі методи дослідження ґрунту можуть бути використані для кращого виявлення забруднених ділянок для подальшого відбору проб. Ці методи не замінюють методи пробовідбору, але використовуються разом з ними.

Зони ураження можна ідентифікувати за наявністю уламків від колишніх цілей і ділянок з кількістю вибухових кратерів (кратерних полів). Кратери і зони ураження часто можна виявити за допомогою аерофотознімків високої роздільної здатності.

Для оцінки ризиків забруднення території громад варто використувати результати дешифрування бойових дій та пов'язаних із ними наслідків на основі супутникового знімка: WorldView 3 роздільною здатністю 31 см, спектральна комбінація – природні кольори. Часові рамки для матеріалів космічного знімання, які б могли показати хід бойових дій, визначають на основі відкритих джерел ресурсу The Armed Conflict Location & Event Data Project (ACLED), установи, яка спеціалізується на відстеженні та геолокації воєнних конфліктів у світі.

Одним із методів, який застосовується для аналізу екологічних ризиків території дослідження, є геоінформаційні технології для здійснення таких видів робіт:

- збір та організація вихідних геопросторових даних (дані про часові рамки і локації бойових дій, космічні знімки, базові набори геоданих);
- ідентифікація структури угідь;
- аналіз космічних знімків;
- ідентифікація, геолокація та характеристика бойових дій – факторів впливу на ґрунт;
- розробка та застосування моделей геообробки для аналізу наслідків ведення бойових дій;
- візуалізація результатів на картах.

Візуальні рівні пошкодження земель представлено на рисунку 1. Критерії їх оцінки містять категорії придатності земель до використання та необхідні заходи з відновлення (табл.2).

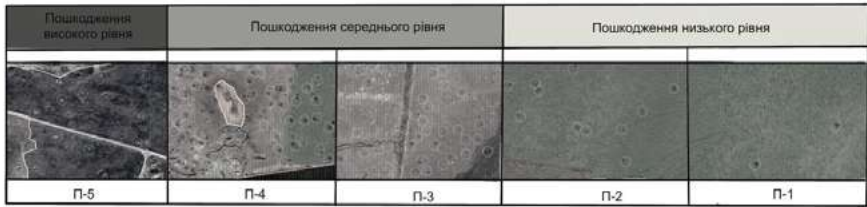


Рис. 1. Візуальне визначення рівнів пошкодження земель (використані ілюстративні зображення)

Таблиця 2. Критерії рівня пошкодження земель

Рівень пошкодження (% площі ділянки)	Пошкодження дуже низького рівня до 10% площі ділянки	Пошкодження низького рівня 10-25% площі ділянки	Пошкодження середнього рівня 25-50% площі ділянки	Пошкодження високого рівня 50-75% площі ділянки	Пошкодження катастрофічного рівня 75-100% площі ділянки
Категорії придатності земель	Безумовно придатні	Придатні	Мало придатні	Умовно придатні	Не придатні
Характеристика забруднення ґрунтів	Вміст хімічних речовин у ґрунті знаходиться в межах фонових значень	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує фонове значення, але не вище ГДК	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК при лімітуючому транслокаційному показнику.	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК по більшості дослужуваних забруднюючих речовинах	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК по всім показникам
Ємність буферизації, фільтрації та розкладання	Висока буферність	Середня / висока буферність	Середня буферність	Низька буферність	Дуже низька буферність
Зменшення потужності ґрунтового профілю (%)	<3	3-25	26-50	51-75	>75
pH ґрунту	Слабокисла (pH 4-4,5)	(pH 3,5-4) або (pH 4,5-5)	(pH 3-3,5) або (pH 5-5,5)	(pH < 3) або (pH 5,5-6)	(pH > 6,5)
P, K вміст поживних речовин	Оптимальний вміст поживних речовин	Достатній вміст поживних речовин	Середній вміст поживних речовин	Низький вміст поживних речовин	Дуже низький вміст поживних речовин

<b>Проникність ґрунту</b>	Швидка і дуже швидка проникність (>15 см/год)	Помірно швидка проникність (5–<15 см/год)	Помірна проникність (1,5–<5 см/год)	Повільна і помірно повільна проникність (0,15–<1,5 см/год)	Непроникний; дуже повільна проникність (<0,15 см/год)
<b>Зменшення запасів гумусу, % від вихідних значень</b>	<10	10-20	21-40	41-80	>80
<b>Рівень ґрунтових вод (гідроморфність)</b>	Негідроморфні	Низька гідроморфність	Гідроморфний	Середні гідроморфні	Дуже гідроморфний
<b>Глибина промій відносно поверхні, см</b>	<20	20-40	41-100	101-200	>200
<b>Площа «викинутої» ґрунтотвірної породи, % від загальної площі</b>	0-2	3-5	6-10	11-25	>25
<b>Використання</b>	Ведення сільськогосподарської діяльності. Вирощування будь-яких культур.	Використання під будь-які культури за умови контролю за якістю сільськогосподарської продукції	Використання під технічні культури без отримання на них продуктів харчування та кормів; Використання під сінокоси і пасовища з нормованим випасом	Використання під культурні пасовища; вирощування ефіроолійних культур	Вилучення із сільськогосподарського використання. Консервація
<b>Необхідні заходи</b>	Не потрібні	Проведення агро-технічних заходів по зменшенню надходження металів у продукцію (вапнування, застосування органічних і мінеральних добрив)	Фітотерапія, підбір сільськогосподарських культур, що не накопичують забруднюючі речовини. Проведення агротехнічних заходів.	Протиерозійні, гідротехнічні, фізичні та хімічні рекультивациі. Виключити вирощування культур для продовольчих цілей.	Природне відновлення

### **3. КАМПАНІЯ З ВІДБОРУ ПРОБ**

Перед проведенням кампанії з відбору проб необхідно спочатку визначити її цілі. Яка потенційна екологічна небезпека викликає занепокоєння: вибухонебезпечність, забруднення ґрунту токсичними речовинами, вимивання забруднюючих речовин у ґрунтові води, екотоксичність, поєднання всіх зазначених факторів.

Основними цілями є ідентифікація забруднюючих речовин в ґрунтах, визначення середнього та порогового рівня забруднення та просторового розподілу забруднюючих речовин. Така оцінка може бути використана для планування заходів з реабілітації земель, де це доцільно. Відповідний план відбору проб, включаючи їх тип і кількість, має бути розроблений на основі цілей дослідження.

Відбір проб ґрунту має відбуватися тільки в присутності військових саперів або кваліфікованих фахівців з вибухонебезпечних предметів. Знешкодження, проведене ними, є обов'язковим для територій, на яких виявлено залишки вибухонебезпечних речовин або землі перебували під окупацією. На ділянках, де проводиться відбір проб, верхні 30-45 см ґрунтового профілю перевіряють за допомогою магнітометра на наявність потенційних вибухонебезпечних речовин. Після ідентифікації залишків вибухонебезпечних речовин їх необхідно зібрати, зважити (якщо вони не прикріплені до корпусу боеприпасу) і вилучити. Це має бути зроблено фахівцями з ДСНС перед тим, як розпочати відбір проб.

Проби ґрунту необхідно відбирати з кожної ділянки, де є підозра на наявність мінно-вибухових речовин, наприклад, з відомих зон ураження цілі, лінії вогню, зони відкритої детонації.

Одиниці прийняття рішень є специфічними для кожної території воєнного впливу, однак мають характеризуватися однотипними природними умовами. Під одиницями прийняття рішень розуміємо конкретну територію, яка представлена однією багатоінкрементною пробю (тобто, пробю, яка формується як змішаний зразок з багатьох точкових відборів проб - інкрементів). Проба, відібрана з одиниці прийняття рішень, є найменшим об'ємом ґрунту, для якого буде отримано значення концентрації, і до якого можна прийняти рішення щодо відновлення. Розмір цієї одиниці визначається цілями дослідження (USEPA 2006a).

#### **3.1. Стратегії відбору проб**

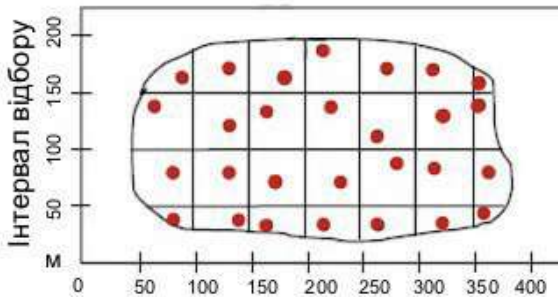
Розміщення точок відбору проб зазвичай попередньо визначається на основі непрямих методів дослідження. Потім місця визначаються на місцевості, а схема відбору проб має бути достатньо гнучкою, щоб можна було вносити корективи в польових умовах.

Підходи, які найчастіше використовуються під час пробовідбору ґрунту, є такими: дискретний відбір проб, систематичний випадковий відбір,

простий випадковий відбір та інші. Ці підходи також можна комбінувати для покращення якості інформації, зібраної під час відбору проб.

Дискретний відбір полягає у відборі зразків ґрунту з певного місця, де отримана інформація дає підстави підозрювати забруднення. Наприклад, шляхом аналізу наявних даних та рекогносцирувальних робіт можуть бути виявлені ознаки забруднення, які потребують дослідження. Разом з тим, однією з особливостей цього методу відбору проб є те, що він виявляє найвищі рівні забруднення на ділянці, а не середній рівень забруднення. На основі цих даних неможливо провести статистичну обробку результатів.

Систематичний випадковий відбір передбачає поділ досліджуваної території за допомогою квадратної, трикутної або ялинкової сітки та відбір проб з вузлів (перетинів ліній сітки). Початок і напрямок розміщення сітки задається за допомогою початкової випадкової точки. З цієї точки будується вісь координат і сітка на всій ділянці. Відстань між точками відбору проб у систематичній сітці визначається розміром ділянки, на якій відбираються проби, і кількістю проб, які необхідно відібрати. Систематичний відбір проб по сітці часто використовується для визначення рівня забруднення і для визначення концентрації забруднюючих речовин. Рисунок 2 ілюструє приклад систематичного відбору проб.



**Рис. 2.** *Схема систематичного випадкового відбору проб по прямокутній сітці*

Такий відбір проб є гнучким методом для оцінки середньої концентрації забруднювача в комірках сітки, і іноді його також називають стратифікованим випадковим відбором.

Щоб зменшити вплив джерел воєнного впливу на оцінку середньої концентрації для ділянки дослідження, рекомендується відбирати 30 або більше рівномірно розміщених інкрементів для формування об'єднаної проби. Невелика кількість дискретних проб майже завжди призводить до нижчої оцінки середньої концентрації, ніж застосування стратегії відбору проб з багатьма інкрементами.

Можливість досягти низької похибки результатів відібраних проб залежить від стратегії відбору та площі території воєнного впливу. Чим більш



інтенсивною є воєнна діяльність (наприклад, випуски снарядів або детонації що відбуваються в одному і тому ж місці), тим імовірніше, що розподіл залишків вибухонебезпечних речовин є більш вираженим (інтенсивніше накопичення) і рівномірною розподілені.

За даними досліджень Армії США потреба у визначенні вмісту забруднюючих речовин на більших за площею територіях, ніж ділянка дослідження, обумовлена тим, що залишки вибухонебезпечних речовин поширюються на сотні квадратних метрів. У деяких випадках територія, на яку впливає воєнна діяльність, настільки велика, що її необхідно розділити на кілька одиниць відбору проб. Цей метод забезпечує рівномірне покриття і є простим у виконанні. Він також полегшує нанесення даних на карту та інтерпретацію результатів аналізу, наприклад, завдяки можливості побудови поздовжніх і поперечних профілів забруднення.

Оскільки проби об'єднуються для створення однієї, в очищенні інструменту для відбору проб немає необхідності. Чистий інструмент для відбору проб необхідний для кожної нової проби, зокрема повторної. Однак кожна повторна проба має бути отримана, починаючи з іншого місця ділянки і рух відбору має відбуватися іншим напрямком.

Простий випадковий відбір передбачає відбір проб з випадково обраних місць на ділянці. З статистичної точки зору, він може бути використаний для оцінки середнього рівня забруднення території. Через внутрішню мінливість ґрунтів, він може дати високу точність, якщо ґрунт підозрювано є однорідно забрудненим. Місця відбору зразків обираються за допомогою процедури випадкового відбору (рис.3).

Довільне визначення точок відбору проб передбачає, що кожна з цих точок має бути обрана незалежно від розташування всіх інших. В результаті всі точки в межах відповідної території мають рівні можливості бути місцями відбору проб.

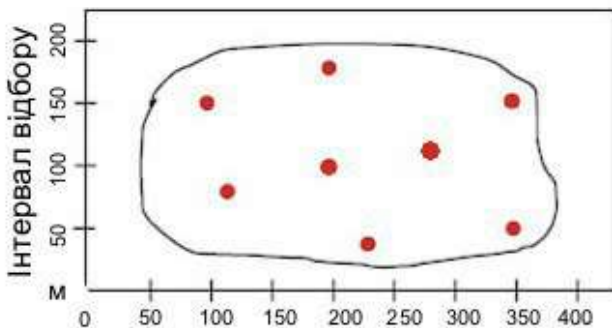


Рис. 3. Схема простого випадкового відбору проб по прямокутній сітці

Крім того, інтерпретація результатів аналізів проб, відібраних при простому випадковому відборі, може бути трудомісткою. Тому перевага надається систематичному випадковому відбору.

Фахівці армії США рекомендують відбирати комбіновані проби ґрунту, що складаються щонайменше з 50 інкрементних проб вагою від 1 до 2 кг, для оцінки середньої концентрації забруднюючої речовини в межах територій активних бойових дій. Об'єднані проби, відібрані з використанням систематичного випадкового відбору, зменшують вплив неоднорідного розподілу, не допускаючи надмірного або недостатнього відбору проб з будь-якої частини ділянки дослідження. Об'єднана проба складається з декількох індивідуальних (дискретних) проб, зібраних з однієї і тієї ж ґрунтової одиниці, з метою забезпечення її репрезентативності.

Для територій кількох типів бойових уражень також використовують стратегію польового відбору проб, яка називається багатоступеневою, де 100-інкрементну пробу ґрунту відбирають (з шару 0-5 см) через рівномірно розподілені інтервали (50×50 м) на кожній одиниці прийняття рішень для формування однієї проби (рис.4).

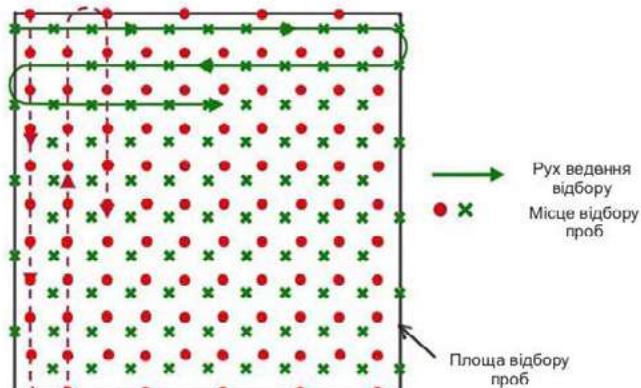


Рис. 4. Схема відбору 100-інкрементних проб за систематично-випадковим підходом

В зонах ведення бойових дій з використанням протитанкових ракетних комплексів для стрільби прямою наводкою найвищі концентрації залишків вибухонебезпечних речовин фіксуються навколо цілей і за лінією вогню. Дослідження на протитанкових ракетних полігонах США виявили, що октоген є основним забруднювачем ґрунтів до глибини 50 см. Концентрації залишків вибухонебезпечних речовин здебільшого зменшуються з віддаленням від цілі. З міркувань безпеки відбір проб не слід проводити поблизу неушкоджених або розірваних протитанкових ракет, оскільки підричник може бути встановлений на детонатор. Вздовж траєкторії польоту ракети концентрації забруднюючих речовин є вищими перед лінією вогню і мішенями. Присутність вибухонебезпечних речовин навколо мішеней пояснюється детонацією та розсіюванням невикористаного ракетного палива.

Дослідження Jenkins et al. (1997b, 2004b) та Thiboutot et al. (1998) на ділянках ураження протитанкового ракетного полігона показали, що більшість залишків розташовується в радіусі 25 м від мішеней. Тому для оцінки маси залишків на цих діапазонах рекомендується відбирати багатокрементні проби в означеному діапазоні навколо кожної цілі (рис.5).

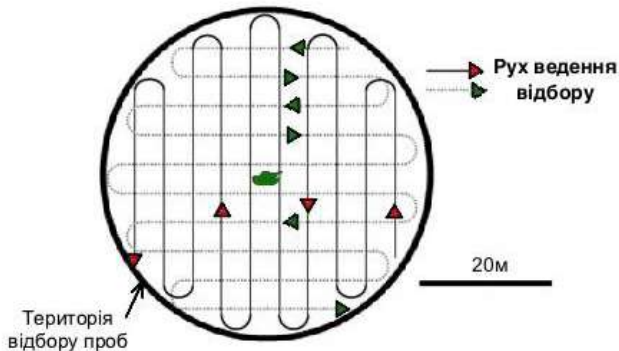


Рис. 5. Схема відбору проб ґрунту на територіях застосування протитанкових ракетних комплексів для стрільби прямою наводкою

Для найбільш точного аналізу використовують підхід сегментованого гало. Концентричні кільця встановлюються на відстані 5, 15 і 25 м від цілі, кільця розбиваються на сегменти, і в межах кожного сегмента відбираються проби з кількома інкрементами (рис.6). Оскільки площа поверхні в межах сегмента відносно невелика, кожна проба має бути створена з 30 інкрементів.

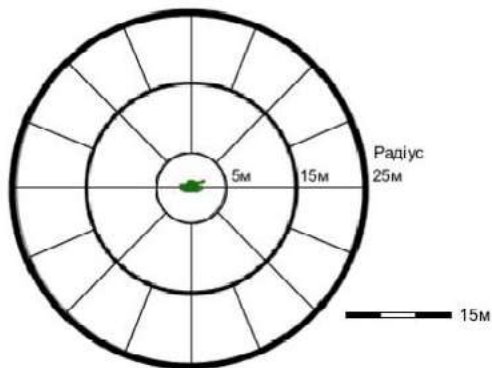
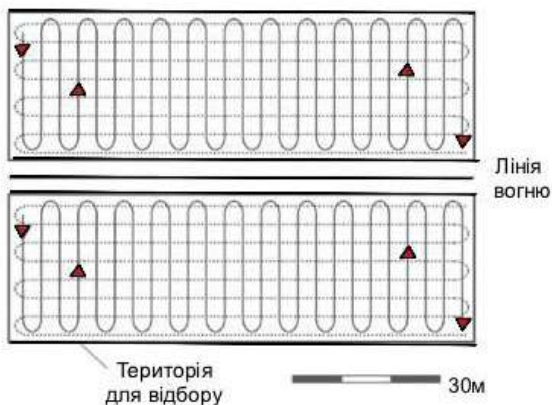


Рис. 6. Сегментована схема вибірки ореолу навколо танкової цілі в зоні ураження бойовою стрільбою

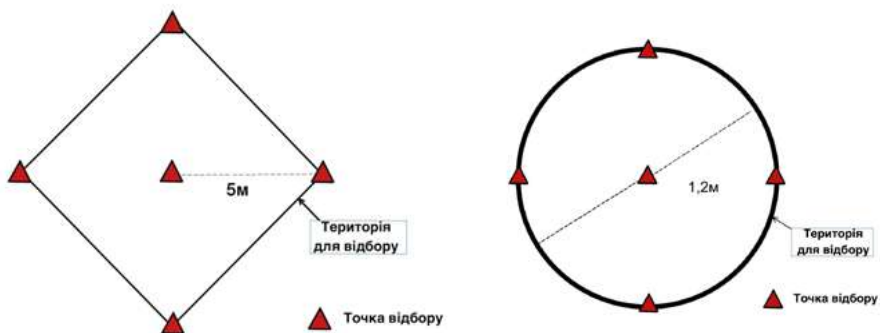
Найвища концентрація залишків ракетного палива на цих територіях знаходиться за колишньою лінією вогню. Якщо необхідно оцінити загаль-

ну масу залишків на цій ділянці, рекомендується відбирати одну 100-інкрементну пробу в прямокутнику шириною 30 м завширшки і по всій довжині лінії вогню (рис.7). Така ж стратегія відбору проб застосовується безпосередньо перед лінією вогню. Оскільки залишки відкладаються на поверхні, рекомендується відбирати проби з верхніх 2,5 см.



**Рис. 7.** Стратегія відбору багатоінкрементних проб за лінією вогню або перед нею

Для оцінки середніх концентрацій вибухових речовин використовуються інші підходи відбору проб. Перший – це «ящиківий» план відбору проб, за якого з 7×7-метрової одиниці пробовідбору формують об'єднану пробу з п'яти інкрементів, з відбором проб з центральної точки і чотирьох кутів, як показано на рисунку 8а. На наступному рисунку 8б використано схему відбору «колесо» з семи інкрементів, шість проб якої відбираються з периферії кола діаметром 1,2 м, а сьомий – з центральної точки.



**Рис. 8.** Схеми відбору проб ґрунту: а) «ящиківий» план відбору; б) план відбору «колесо»

Зони бойових дій артилерії прямою наводкою є одними з найбільш поширених в воєнній діяльності. Високопотужні вибухові речовини, що використовуються в артилерійських снарядах і мінах, як правило, містять переважно тротил, інколи тетрил. Коли боєприпаси спрацьовують, детонація часто утворює в ґрунті вибуховий кратер, розмір якого залежить від типу боєприпасу, фізичних властивостей ґрунту, типу і налаштування підричника. Таким чином, зони ураження можна ідентифікувати за наявністю цілей, уламків від колишніх цілей і ділянок з великою кількістю вибухових кратерів.

Загалом, детонації високого порядку споживають вибухові речовини у боєголовці дуже ефективно, залишаючи лише від мікрограма до міліграма на сотні квадратних метрів поверхні за один постріл. При детонації низького порядку спостерігається інший характер забруднення ґрунту, що також підтверджується результатами наших досліджень – 70% проб ґрунту, зібраних з окремих вибухових кратерів у межах Запорізької, Донецької, Київської, Сумської областей не містили вибухонебезпечних залишків, а лише важкі метали. Майже в усіх випадках поверхневий шар ґрунтів, з яких були відібрані зразки, зазнав наслідків детонації низького порядку.

У відносно невеликій кількості випадків снаряд частково детонує при ударі, що призводить до детонації низького порядку. У цих випадках витрачається лише частина вибухового наповнювача, іноді значна частина вибухової речовини залишається в розірваній гільзі або поблизу розірваної оболонки. Іноді близька детонація високого порядку спричиняє на певній відстані детонацію низького порядку. У цьому випадку значна частина вибухової речовини накопичиться на поверхні ґрунту. Як правило, ці події є рідкісними для більшості боєприпасів, тому їхній розподіл є випадковим. Результати детонацій низького порядку часто існують у вигляді розподілених точкових джерел з дуже високою концентрацією залишків забруднюючих речовин. Більше того, на відміну від протитанкових мішеней, навколо місць розривів артилерійських боєприпасів, як правило, немає чітко визначеного градієнта вибухонебезпечних речовин. Цей випадковий просторовий масив у разі виникненні детонацій низького порядку пояснюється непрямим вогнем і великою відстанню між вогневою позицією і ціллю. Однак концентрації залишків вибухонебезпечних речовин у поверхневому шарі ґрунту на ділянках, де снаряди зазнали детонації низького порядку, можуть сягати сотень мг/кг.

Для відбору проб із зон бойових дій артилерії прямою наводкою рекомендується використовувати розмір одиниці прийняття рішень 50×50 м з центром на кожній цілі, і відбирати 100-інкрементну пробу з верхніх 5 см ґрунту, використовуючи систематично-випадковий підхід.

Якщо снаряди зазнали детонації низького порядку або наявні фрагменти вибухонебезпечних залишків, видимі та ідентифіковані методами польового скринінгу, то для відбору проб потрібно використовувати сітку 10×10 м або одиницю меншого розміру з центром у кожній з цих ділянок та відбором 30-інкрементної проби з верхніх 5 см (рис.9).

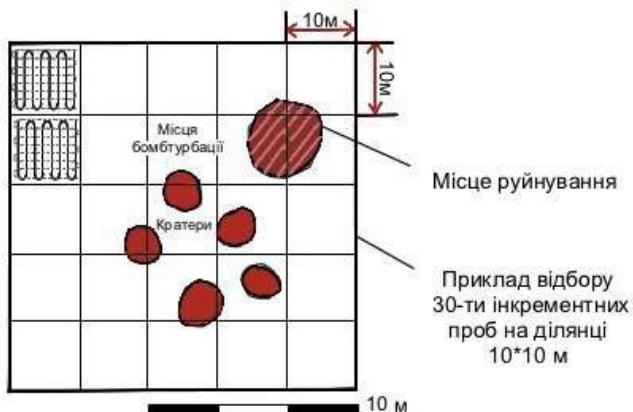


Рис. 9. Схема відбору 30-ти інкрементних проб на ділянці 10×10 м

Експерименти, проведені на різних територіях бойових дій, виявляли, наскільки точно комплексні проби оцінюють середні концентрації на ділянках розміром від 10×10 м до 100×100 м. У всіх випадках варіабельність серед повторюваних багатоінкрементних проб була набагато нижчою, ніж для дискретних, взятих в межах однієї ділянки. Наприклад, концентрації 2,4-ДНТ у дискретних пробах, відібраних на території вогневої точки 10×10 м на одному з полігонів армії США, коливалися з різницею майже в чотири порядки. Концентрації серед 10 повторних комбінованих проб з цієї ділянки відрізнялися менш ніж у три рази.

На ділянках з найвищою щільністю вибухових кратерів потрібно відбирати проби з розміром одиниць відбору у цій зоні 50×50 м (або менше). Проба відбирається з кроком у 100 см з верхніх 5 см ґрунту. Якщо снаряд, який вибухнув, зазнав детонації низького порядку, встановлюється сітка відбору проб 10×10 м або менше, і відбір проб виконується, як описано вище.

Для визначення глибини міграції забруднюючих речовин, а не для оцінки середньої концентрації доцільно відбирати проби з кожного горизонту ґрунту з 10-сантиметровими інтервалами до глибини щонайменше 30 см. Проби кількох відборів з інтервалів глибин (0-10 см, 10-20 см і 20-30 см) мають бути об'єднані для створення єдиної п'ятиінкрементної проби.

Місця знешкодження боеприпасів у зоні розмінування займають здебільшого незначні площі, які містять високі концентрації вибухонебезпечних речовин. Об'єднані детонації кількох снарядів можуть призвести до утворення зони забруднення глибиною приблизно до 4 м.

У межах зони підриву часто є ділянки з концентрацією від десятків до сотень мг/кг вибухонебезпечних речовин.

Територію, яка планується (чи оцінюється) для знешкодження, потрібно розбити на сітки 10×10 м (див. рис.) і з кроком 30 см з верхніх 10 см

глибини відбирати проби в кожній одиниці прийняття рішень. Проби профілю також необхідно відбирати на ділянках, де поверхня була знебарвлена. Однак у цьому випадку глибина відбору проб має бути глибше 4 м і, можливо, продовжуватись до рівня ґрунтових вод.

США підтверджено надання Україні високоточних авіаційних бомб JDAM в наступному пакеті допомоги. Для відбору проб з місць їх застосування рекомендовано використовувати сітку 10×10 м в напрямку випадіння залишків. Ця сітка розділена на 100 комірок розміром 1×1 м, дискретна проба ґрунту відбирається з ділянки поблизу центру кожної комірки.

Однак, систематично-випадкова стратегія відбору проб з 33-інкрементами забезпечує набагато більш відтворювані результати для сітки 10×10 м, ніж дискретні проби, результати яких широко варіюють. Також зразки відбирають з глибини до 40 см. У більшості випадків концентрація тротилу швидко знижується на глибині 5-7 см. Цілком ймовірно, що ці концентрації вляють собою невеликі залишки вибухонебезпечних речовин, які були поховані внаслідок великої кількості окремих детонацій і не вимивалися з поверхні через посушливість клімату.

У деяких ситуаціях може бути корисним поєднання кількох підходів до відбору проб, щоб оптимально охарактеризувати територію дослідження.

### **3.2. Глибина відбору проб**

Глибина може бути різною для різних цілей відбору проб. Для оцінки ризику для здоров'я людини поверхневий шар ґрунту часто визначається як верхні 15 см, 30 см, або іноді 60 см. Він може бути глибшим для розгляду окремих сценаріїв впливу. Варто зауважити, що у випадку, коли забруднюючі речовини внаслідок процесу вибуху були розсіяні, вони переважно знаходяться на поверхні ґрунту. У випадку лише поверхневого забруднення початкову пробу відбирають з поверхні ґрунту (0-5 см). Після цього інтервали відбору проб мають бути досить близькими один до одного, наприклад, 5-10 см або 20-30 см, щоб забезпечити релевантну сегрегацію за глибиною.

Також необхідно враховувати глибину залягання ґрунтових вод при визначенні місця відбору проб, оскільки механізми міграції забруднюючих речовин у насиченій ними органічними чи мінеральними речовинами зоні різні. У випадку поверхневого забруднення наявність органічних речовин може впливати на міграцію забруднюючих речовин у глибші шари.

Науково-дослідний центр Інженерного корпусу армії Сполучених Штатів рекомендує збирати мінімум 500 г ґрунту. Вони також рекомендують просіяти і подрібнити весь об'єм проби перед транспортуванням в лабораторію. Більшість лабораторій наразі не обладнані для цього процесу і виникає занепокоєння щодо подрібнення потенційно висококонцентрованих проб.

### 3.3. Типи проб

Під час визначення характеристик ґрунту можуть відбиратися два типи зразків: точкові та об'єднані проби.

Точкова проба відбирається в певному місці на ділянці. Вона дає змогу отримати точне уявлення про забруднення в різних точках ділянки і визначити мінливість забруднення в просторі.

Оскільки ґрунти часто дуже неоднорідні, важливо відбирати точкові проби з невеликих ділянок, як правило розміром менше 0,5×0,5 м.

Об'єднана проба складається з набору окремих точкових проб, об'єднаних пропорційно до ваги чи площі ділянки, які репрезентує кожна проба. На відміну від точкової проби, цей тип проби забезпечує лише середнє значення забруднення для досліджуваної площі ділянки.

Рішення про проведення точкового або об'єднаного відбору проб залежить від ряду факторів, таких як ступінь однорідності проб.

В дослідженнях територій воєнного впливу, як правило, рекомендується відбирати об'єднані проби ґрунту. Однак, якщо варіабельність забруднення вважається низькою, то використання точкових проб може бути достатньою для виявлення вмісту середньої концентрації забруднення.

## 4. МЕТОДИ ВІДБОРУ ПРОБ

### 4.1. Відбір проб

Проби на встановлення рівня забруднення мають відбиратися таким чином, щоб обмежити можливість самого забруднення під час відбору. З одного боку, відбір проб має розпочинатися від найменш забрудненої до найбільш забрудненої ділянки. Це мінімізує ризик забруднення від обладнання для відбору проб. Крім того, при відборі проб необхідно використовувати належним чином очищене обладнання, дотримуючись чітко встановленого протоколу. Дотримання цих спеціальних запобіжних заходів значною мірою виключає можливість контамінації між пробами.

Крім того, проби мають бути правильно описані та ідентифіковані, особливо для того, щоб уникнути двозначностей під час аналізу в лабораторії або при інтерпретації результатів.

Додаткові запобіжні заходи необхідно застосовувати під час відбору проб в місцях детонації боєприпасів низького порядку і розривів боєприпасів, які часто підпадають під класифікацію мінно-вибухових пристроїв. По-перше, ділянка дослідження має принаймні охоплювати площу, покриту залишками вибухонебезпечних предметів. Це часто є суб'єктивним і ґрунтується виключно на візуальних спостереженнях. Оскільки площі, вкриті видимими залишками вибухонебезпечних речовин, швидше за все, розташовуються над га-



рячими точками з високою концентрацією забруднювачів у ґрунті, ці території є потенційними зонами міграції для суміжних середовищ. Фрагменти часто присутні навколо розірваних боєприпасів (при детонації низького порядку), а також на територіях, які використовувалися для відкритої детонації боєприпасів. У методах, затверджених USEPA, після ідентифікації залишків вибухонебезпечних речовин їх треба зібрати, зважити (якщо вони не прикріплені до корпусу боєприпасу) і вилучити. Це має бути зроблено фахівцями з ДСНС перед тим, як розпочати відбір проб.

Оскільки найбільша кількість залишків вибухонебезпечних речовин локалізована поблизу поверхні землі, видалення поверхневого рослинного покриву не рекомендується перед відбором проб. Якщо рослинність видалити, будь-які залишки, що потрапили в пастку на цій ділянці, не будуть включені у пробу, а проаналізована їх кількість у певній точці, ймовірно, буде заниженою. Використання інструментів для відбору зразків на ділянках з рослинним покривом допомагає зібрати поверхневі зразки з мінімальним порушенням поверхні. Найважливіше те, що використання інструментів для відбору проб допомагає уникнути упередженого відбору проб, тобто відбору лише з відкритих поверхонь ґрунту.

Особливу увагу варто приділяти пробам, відібраним для аналізу летких сполук. Проби необхідно відбирати в польових умовах таким чином, щоб мінімізувати контакт між пробою та атмосферою. Пріоритет слід надавати методам відбору проб, які передбачають найменше порушення ґрунту. Оскільки перемішування зразка призводить до вивільнення летких сполук, не потрібно відбирати комбіновані зразки.

Для кращого збереження летких сполук у пробі ґрунту треба заповнити контейнер до кінця, щоб обмежити повітряний простір над зразком, а потім герметично закрити. Коли ґрунт піддається різним видам аналізу, рекомендується використовувати окремий додатковий контейнер для аналізу летких сполук, щоб звести до мінімуму ризик їх втрати під час роботи з пробамі в лабораторії. Також рекомендується використовувати пробовідбірник шприцевого типу для одночасного відбору проб летких сполук у ґрунтах.

Після того, як пробу ґрунту відібрано, її переносять у відповідний контейнер для зберігання та транспортування до лабораторії.

Залежно від параметрів забруднення, що підлягають аналізу, контейнером може бути поліетиленовий пакет або скляний чи жорсткий пластиковий контейнер. Загалом пластикові контейнери прийнятні лише тоді, коли ґрунти аналізуються на неорганічні забруднення, тоді як скляні контейнери призначені для аналізу органічних.

Завжди бажано відбирати більшу кількість ґрунту, ніж потрібно, для проведення повторних аналізів, якщо це необхідно (рис.10). Для аналізу органічних і неорганічних забруднень достатньо здебільшого 1 кг ґрунту.



Рис. 10. Відбір проб ґрунту в місцях артилерійських обстрілів

## 4.2. Інструменти відбору проб

Метод відбору проб ґрунту для екологічного аналізу має давати можливість відібрати репрезентативну пробу ґрунту, який зазнав мінімальних змін в результаті його відбору. Наприклад, якщо метою відбору проб є визначення концентрацій забруднюючих речовин на межі кожного ґрунтового горизонту, використання ручного шнека буде недоречним: техніка шнекування може порушити і перемішати ґрунтові горизонти, що ускладнить точне визначення межі розділу горизонтів.

Всі прилади для відбору проб мають бути достатньо якісними, щоб не сприяти забрудненню проб (наприклад, пофарбовані поверхні, які можуть відколотися і потрапити у пробу). Крім того, обладнання для відбору проб має або легко піддаватися дезінфекції, або бути економічно ефективним, якщо воно вважається витратним.

Для відбору проб ґрунту можна використовувати кілька типів інструментів, залежно від того, чи передбачається неглибокий відбір проб.

Залежно від методу відбору проб використовуються різні типи пробовідбірників (рис.11).

Коли проба, що відбирається, лежить дуже близько до поверхні, використовується лопата або кельма для взяття потрібного об'єму ґрунту.

Пробовідбірник застосовується якомога систематичніше, щоб мати можливість відтворювати однакові умови відбору проб у послідовно розташованих точках. Основним недоліком цього методу є те, що він значно перемішує ґрунт під час відбору проб, що може призвести до випаровування летких сполук. Цей інструмент для відбору проб ґрунту легко використовувати у зв'язних (глинистих, суглинистих) ґрунтах. Однак, вони не є практичними для незв'язних (піщаних) ґрунтів, тому металеві кельми більше підходять для відбору.

Ручний шнек. Ця система відбору проб складається зі шнека, подовжувача і Т-подібної ручки, з'єднаних між собою, і які можуть бути легко

демонтованими. Шнекові моделі призначені для відбору зразків з різних типів ґрунтів, від піщаних до глинистих. Щоб взяти пробу, шнек вставляється в ґрунт за допомогою обертання за годинниковою стрілкою. Як правило, два-три оберти дозволять загнати шнек приблизно на 10 см. Після того, як шнек буде вставлений на повну довжину, його виймають з ґрунту і відбирають пробу. Шнек виймається з ґрунту і відбирається проба шляхом перевертання шнека. Рекомендується використовувати шнеки діаметром 5 см і більше.

Пробовідбірна трубка. Цей метод передбачає відбір зразка шляхом введення трубки в ґрунт з поверхні. Після того, як трубка просунута до упору, її витягують і відбирають пробу ґрунту.

На ринку існують різні моделі пробовідбірних трубок, що застосовуються залежно від типів ґрунту. Довжина самої трубки у різних моделях варіюється від 20 до 52 см. Внутрішній діаметр має становити 2-3 см. Хоча пробовідбірна трубка зазвичай використовується для поверхневого відбору проб, використання додаткових подовжувачів може зробити можливим відбір зразків з більшої глибини.



Рис. 11. Інструменти для відбору проб

### 4.3. Миття використаного обладнання

Інструменти, що використовуються для відбору та підготовки проб ґрунту, як правило, мають бути очищені перед відбором кожної точкової чи об'єднаної проби.

На першому етапі очищення слід дотримуватися наступної послідовності:

- промити інструмент для відбору проб водою;
- очистити поверхні щіткою, водою і мийним засобом, який не залишає решток;
- промити водою, щоб видалити мийний засіб;
- якщо на обладнанні все ще залишаються сліди бруду, вимити ще раз;
- промити очищеною водою і злити надлишок.

Якщо проби ґрунту підлягають органічному хімічному аналізу, необхідно провести другий етап очищення. Він складається з промивання ацетоном.

Якщо ацетон буде визначатися як потенційний забруднювач, тоді це є аналітичною перешкодою для аналізу (наприклад, леткі органічні речовини), потрібно замінити його метанолом.

Якщо пробовідбірник сильно забруднений залишками вуглеводневого походження, то необхідно протерти пробовідбірник ганчіркою, змоченою розчинником, перед тим як перейти до етапів промивання.

#### **4.4. Підготовка проб в польових умовах**

Підготовка проб ґрунту в польових умовах, як правило, має містити мінімум заходів, щоб зберегти цілісність зразка.

##### **Об'єднана проба**

Об'єднана проба складається з набору точкових проб, об'єднаних пропорційно вазі, яку представляє кожна проба. Об'єднану пробу можна підготувати в польових умовах або в лабораторії, використовуючи інертний, чистий і достатньо великий контейнер. Першим кроком є відбір кожної з підпроб (інкрементів), використовуючи той самий метод відбору, змішуючи підпроби в контейнері, а потім перенести об'єднану пробу у відповідний контейнер для зберігання та транспортування до лабораторії.

#### **4.5. Опис проб**

Проведення польової діагностики ґрунту на місці відбору проб є необхідною складовою кампанії пробовідбору. Найважливішою частиною польових досліджень ґрунтів є опис ґрунтового профілю по морфологічним (зовнішнім) ознакам. До них відносяться: колір, структура, будова профілю, потужність, механічний склад, включення, новоутворення, оглеєння, карбонатність та інші.



В польових умовах гранулометричний склад ґрунтів визначають органолептично ("мокрий" органолептичний метод). Більш точно визначення механічного складу ґрунту проводять в лабораторних умовах. Невелику кількість ґрунту змочують водою (для карбонатних ґрунтів використовують 10% розчин HCl) до стану густої пасти. Змочений ґрунт ретельно перемішують до повного руйнування мікроагрегатів. Далі ґрунтову масу скручують у шнурок товщиною 2-3 мм. Якщо при цьому утворюється суцільний шнурок, то його пробують зігнути у кільце. Залежно від гранулометричного складу ґрунту показники будуть різними (табл.3).

У польових умовах зазвичай виділяють 5 градацій вологості:

- сухий ґрунт - піщаний ґрунт розсипається вільно окремими зернами; не холодить руку; суглинковий і глинистий ґрунт вільно розсипається твердими грудками різного розміру;

- свіжий ґрунт - розсипається як зернами, так і неміцними агрегатами, що мають деяку зв'язність; холодить руку на дотик; суглинковий і глинистий ґрунт розсипається м'якими грудками; холодить руку на дотик;
- вологий ґрунт - піщаний ґрунт не розсипається вільно на окремі зерна, сильно холодить руку на дотик, при стисканні в руці не зберігає наданої форми; суглинковий і глинистий ґрунт сильно холодить руку на дотик; при стисканні в руці зберігає надану форму;
- сирий ґрунт - піщаний ґрунт зв'язний, не розсипається, при стисканні в руці зберігає надану форму; суглинковий і глинистий ґрунт при стисканні в руці перетворюється на тістоподібну масу і добре формується;
- мокрий ґрунт - піщаний ґрунт тече, суглинний і глинистий ґрунт зберігає свою форму, але при стисканні в руці.

**Таблиця 3.** «Мокрий» органолептичний метод визначення гранулометричного складу ґрунту

<b>Грануло-метричний склад</b>	<b>Діагностичні ознаки</b>	<b>Морфологія зразка при випробуваннях</b>
Пісок	При зволоженні утворюється текуча маса «пісок-пливун». Не скручується в шнурок	
Супісок	Непластична маса. Утворює фрагменти шнура	
Легкий суглинок	Слабо пластична маса. Утворює шнурок, який легко розпадається на частини	
Середній суглинок	Пластична маса. При скручуванні утворює суцільний шнурок, який при згинанні в кільце розпадається	
Важкий суглинок	Добре виражена пластична маса. При скручуванні легко утворює шнурок. При згинанні в кільце на його зовнішній стороні утворюються тріщини	
Глина	Добре пластична липка маса. Шнурок легко згинається в кільце без тріщин	

Відомо, що дисперсність та якість органічної речовини ґрунту впливають на міграційні властивості хімічних речовин та їх сполук, тому забарвлення ґрунту є важливим показником оцінки потенційного ризику забруднення. При визначенні забарвлення ґрунту виділяють основний колір і

відтінки. При неоднорідному забарвленні вказують, що на фоні основного кольору виділяють плями, стрічки іншого кольору.

Також при описі необхідно зазначити елемент форми рельєфу, характер поверхні ґрунту (відкритий чи під рослинністю), наявний рослинний покрив (ліс, чагарники, луки), опис місця, в якому було відібрано пробу, і особу, яка її відбирала.

Для кожної відібраної проби відповідальна особа має заповнити бланк опису (додаток 2).

#### **4.6. Ідентифікація та зберігання проб**

Кожен контейнер повинен бути чітко ідентифікований, і обрана ідентифікація має фіксувати точне розташування відбору проби на місцевості, її номер та ін. Крім того, необхідно заповнити форму запиту на проведення аналізу.

Після відбору зразки ґрунту необхідно зберігати в прохолодному місці в відповідних герметично закритих контейнерах таким чином, щоб забезпечити цілісність зразка і, наскільки це можливо, захистити від світла.

Залежно від вимог пробовідбору, додаткові елементи контролю мають доповнювати інтерпретацію результатів, таких як:

- *фонові проби*: польова проба, взятий із сусідньої ділянки, яка не зазнала впливу воєнно-техногенного забруднення, що дає змогу встановити референтне значення або основу для порівняння.
- *повторні проби*: проба, розділена на декілька репрезентативних підпроб, які використовуються для оцінки повторюваності результатів, отриманих протягом тривалого часу відбору проб.

#### **4.7. Звіт про відбір проб**

Усі дані, щодо відбору проб ґрунту, як правило, повністю записуються в польових умовах. Ця інформація має бути ретельно збережена для зручного використання.

Особа, відповідальна за відбір проб, має вести польовий блокнот, в який заносяться всі дослідження, проведені під час відбору. Температурні та погодні умови, спостереження за польовими умовами, використане обладнання, дотримані процедури та контактні дані членів команди мають бути зафіксовані для кожного дня відбору зразків.

Будь-яка зміна в запланованому відборі проб має бути відзначена на карті та записані всі локації проб, які були відібрані. Під час відбору проб, як правило, рекомендується робити фотографії. Вони можуть бути використані для чіткої візуалізації польових умов. Фотографії надають додаткову інформацію, зокрема щодо геоприв'язки місця пробовідбору, але вони не можуть замінити необхідний текстовий опис.

## ВИСНОВКИ

Результати численних досліджень територій воєнного впливу вказують на те, що вибухові речовини та важкі метали в ґрунтах мають просторово неоднорідний розподіл, який неможливо охарактеризувати за допомогою стандартного відбору проб. Він не забезпечує достатніх даних для визначення просторового масштабу забруднення територій бойових дій та їх ефективного використання в оцінці ризиків.

Релевантна характеристика забруднювачів воєнного походження потребує альтернативної стратегії відбору. Першою вимогою є визначення конкретних цілей дослідження. Після цього необхідно розробити план дослідження, спрямований на досягнення цих цілей із заданим ступенем достовірності.

Основними етапами відбору проб ґрунту з зон бойових дій є: планування стратегії пробовідбору з попередньою оцінкою території та проведення кампанії з відбору.

Кампанія з відбору проб має бути максимально контрольованою. Якщо розміри території, на яку впливає воєнна діяльність, є суперечливими, в такому випадку для проведення дослідження в повному обсязі до стратегії відбору проб необхідно додавати більше одиниць прийняття рішень.

## ГЛОСАРІЙ

**Бризантні (вторинні) вибухові речовини** – речовини, які під впливом ініціюючих вибухових речовин або значних теплових чи механічних зовнішніх факторів здатні до хімічного перетворення з виділенням тепла і газоподібних продуктів.

**Вибуховий кратер** – це тип кратера, який утворюється, внаслідок вибухової дії через зміщення та викид матеріалу із земної поверхні.

**Детонація** – екзотермічна реакція на молекулярному рівні, викликана дією руйнівної хвилі через вибухові речовини, що спричиняє раптове різке збільшення об'єму внаслідок утворення газоподібних продуктів. Існує 3 форми детонації:

**а. Високого порядку.** Детонація зі швидкістю, що наближається до максимальної стабільної швидкості детонації для системи.

**б. Низького порядку:** Детонація зі швидкістю, значно нижчою за максимальну стабільну швидкість детонації для системи.

**в. Часткова:** Неповна детонація бризантної вибухової речовини, спричинена фізичним розривом або відсутністю хімічної однорідності у вибуховому матеріалі.

**Дискретна проба ґрунту** – це процес відбору однієї проби ґрунту з певного місця та інтервалу глибини.

**Забруднювачі** – природні або антропогенні фізичні агенти, хімічні речовини чи біологічні види, які потрапляють у природне середовище або виникають у ньому в кількостях, що перевищують межі звичайних граничних коливань чи середнього природного фону за певний відрізок часу, або перебувають в ньому у кількостях, що перевищують показники, допустимі для конкретних цілей.

**Зона забруднення** – територія, на якій при надходженні забруднювальних речовин порушуються природні біологічні і біохімічні процеси, а концентрація забруднювальних речовин перевищує прийняті норми за санітарними, рибогосподарськими чи іншими показниками.

**Інкрементний відбір проб** – це структурований протокол відбору та обробки проб, який зменшує варіабельність даних і є найкращою методологією для оцінки середніх концентрацій забруднюючих речовин у визначеному об'ємі ґрунту.

**Контамінація** – потрапляння в ґрунтове середовище будь-якого домішку, який змінює властивості цього середовища.

**Об'єднана проба ґрунту** – суміш як найменше двох точкових проб, які відібрані на одній ділянці пробовідбору.

**Піротехнічні суміші** – композиції на основі окислювача та горючої речовини з різними функціональними домішками, що здатні під впливом ініціюючих вибухових речовин або під значним впливом зовнішніх факторів до екзотермічних реакцій із світловим, тепловим, звуковим, реактивним або димовим (зокрема сльозогінним) ефектом.



**Поліароматичні вуглеводні** – це органічні сполуки, для яких характерна наявність у хімічній структурі двох і більше конденсованих бензенивих кілець.

**Точкова проба ґрунту** – проба, що відбирається з одного місця горизонту або одного шару ґрунтового профілю, який є типовим для даного горизонту або шару.

## AITEPATYPA

- Alan D. Hewitt, Thomas F. Jenkins, Marianne E. Walsh, Michael R. Walsh, and Susan R. Bigl. (2002): Protocols for Collection of Surface Soil Samples at Military Training and Testing Ranges for the Characterization of Energetic Munitions Constituents. Hanover, NH: U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory.
- Alloway B.J. and Ayres D.C. (1997): Chemical principles of environmental pollution. 2nd Edition, Blackie London. ISBN 0 7514 0380 6.
- Ampleman, G., S. Thiboutot, J. Lewis, A. Marois, A. Gagnon, M. Bouchard, T. Jenkins, T.A. Ranney, and J.C. Pennington (2004): Evaluation of the contamination by explosives and metals in soils, vegetation, surface water, and sediment at Cold Lake Air Weapons Range (CLAWR), Alberta: Phase II Final Report, Defence Research and Development Canada–Valcartier, Technical Report 2004-204.
- Army. U.S. Environmental Protection Agency. 1996a: Method 4050: TNT explosives in soil by immunoassay. In Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, Office of Solid Waste and Emergency Response. SW-846. Washington, D.C: U.S. Environmental Protection Agency.
- Bjella, K.L. 2005: Pre-screening for explosives residues in soil prior to HPLC analysis utilizing Expray. ERDC/CRREL TN-05-2. Hanover, NH: U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory.
- EPA Federal Facilities Forum Issue Paper: Site Characterization for Munitions Constituents. January 2012. Report number: EPA-505-S-11-01.
- Donnelly, K.C., Anderson, C.S., Barbee, D.C. & Manek, D.J. 1994: Soil Toxicology. In: Cockerham, L.G. and Shane, B.S. eds. Basic Environmental Toxicology, pp. 321-352.
- Hewitt, A.D., T.F. Jenkins, T.A. Ranney, J.A. Stark, M.E. Walsh, S. Taylor, M.R. Walsh, D.J. Lambert, N.M. Perron, N.H. Collins, and R. Karn. 2003: Estimates for explosives residues from the detonation of Army munitions. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, Technical Report ERDC/CRREL TR-03-16.
- Hewitt, A.D., T.F. Jenkins, M.E. Walsh, M.R. Walsh, and S. Taylor. 2005b: RDX and TNT residues for live-fire and blow-in-place detonations. Chemosphere 61: 888-894.
- Jenkins, T.F., C.L. Grant, G.S. Brar, P.G. Thorne, P.W. Schumacher, and T.A. Ranney. 1997a: Sampling error associated with collection and analysis of soil samples at TNT contaminated sites. Field Analytical Chemistry and Technology 1: 151-163.

- Jenkins, T.F., M.E. Walsh, P.G. Thorne, S.Thiboutot, G. Ampleman, T.A. Ranney, and C.L. Grant. 1997b: Assessment of sampling error associated with the collection and analysis of soil samples at a firing range contaminated with HMX. Special Report 97-22. Hanover, NH: U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory.
- Jenkins, T.F., M.E. Walsh, P.H. Miyares, A.D. Hewitt, N.H. Collins, and T.A. Ranney. 2002: Evaluation of the use of snow-covered ranges to estimate the explosives residues that result from high order detonations of army munitions. *Thermochimica Acta* 384: 173–185.
- Jenkins, T.F., A.D. Hewitt, T.A. Ranney, C.A. Ramsey, D.J. Lambert, K.L. Bjella, and N.M. Perron. 2004a: Sampling strategies near a low-order detonation and a target at an artillery impact area. ERDC/CRREL TR-04-14. Hanover, NH: U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory.
- Jenkins, T.F., T.A. Ranney, A.D. Hewitt, M.E. Walsh, and K.L. Bjella. 2004b: Representative sampling for energetic compounds at an antitank firing range. ERDC/CRREL TR-04-7. Hanover, NH: U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory.
- Jenkins, T.F., A.D. Hewitt, C.L. Grant, and C.A. Ramsey. 2005a: Comment of 'Data representativeness for risk assessment by Rosemary Muttuck et al., 2005. *Environmental Forensics* 6: 321–324.
- Kevin L. Bjella, Susan R. Bigl, and Dennis J. Lambert Perron. 2004a: Sampling strategies near a low-order detonation and a target at an artillery impact area. ERDC/CRREL TR-04-14. Hanover, NH: U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory.
- Monteil-Rivera, F., Halasz, A., Groom, C., Zhao, J.S., Thiboutot, S., Ampleman, G., & Hawari, J. 2009: Fate and Transport of Explosives in the Environment: A Chemist's View. In: Sunahara, G., Lutofo, G., Kuperman, R., and Hawari J., eds. *Ecotoxicology of Explosives and Unexploded Ordnance*. Boca Raton: Taylor and Francis Group LLC, FL. 5-33.
- Pichtel, J. 2012: Distribution and fate of military explosives and propellants in soil: A review, in: *Applied and Environmental Soil Science*, Volume 2012, Hindawi.
- Pitard, F. 1993: *Pierre Gy's Sampling Theory and Sampling Practice*. 2nd Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Ranney. 1999: Coping with spatial heterogeneity effects on sampling and analysis at an HMX-contaminated antitank firing range. *Field Analytical Chemistry and Technology* 3(1): 19–28.
- Sampling error associated with collection and analysis of soil samples at TNT contaminated sites. *Field Analytical Chemistry and Technology* 1: 151–163.
- Jenkins, T.F., A.D. Hewitt, C.L. Grant, and C.A. Ramsey. 2005a. Comment of 'Data representativeness for risk assessment by Rosemary Muttuck et al., 2005.' *Environmental Forensics* 6: 321–324.

- Soil sampling for environmental contaminants, IAEA-TECDOC- 1415, IAEA, Vienna, 2004.
- Su, C., Jiang, L. & Zhang, W. 2014: A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques. *Environmental Skeptics and Critics*, 3(2): 24-38, ISSN 2224-4263
- Susan Taylor, Thomas F. Jenkins, Susan Bigl, Alan D. Hewitt, Marianne E. Walsh and Michael R. Walsh. 2011: *Guidance for Soil Sampling of Energetics and Metals*. ERDC/CRREL TR-11-15. Hanover, NH: U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory.
- Thiboutot, S., G. Ampleman, A. Gagnon, A. Marois, T.F. Jenkins, M.E. Walsh, P.G. Thorne, and T.A. Ranney. 1998: *Characterization of antitank firing ranges at CFB Valcartier, WATC Wainwright and CFAD Dundurn*.
- Thomas F. Jenkins, Alan D. Hewitt, Charles A. Ramsey. 2006: *Sampling Studies at an Air Force Live-Fire Bombing Range Impact Area ERDC/CRREL TR-06-2*. Hanover, NH: U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory.
- USACOE, *Military Munitions Response Actions*, June 2007.
- USACOE, *Implementation of Incremental Sampling (IS) of Soil for the Military Munitions Response Program, Interim Guidance 09-02*, July 20, 2009.
- USEPA, OERR, *Guidance for Performing Preliminary Assessments under CERCLA, Publication 9345.0-01A (Sept. 1991)*.
- USACOE, *Military Munitions Center of Expertise, Technical Update for Munitions Constituents (MC) Sampling*, March 2005.
- Walsh, M.R., M.E. Walsh, C.M. Collins, S.P. Saari, J.E. Zufelt, A.B. Gelvin, and J.W. Hug. 2005b: *Energetic residues from live-fire detonations of 120-mm mortar rounds*.
- Walsh, M.E., C.M. Collins, A.D. Hewitt, M.R. Walsh, T.F. Jenkins, J. Stark, A. Gelvin, T. Douglas, N. Perron, D. Lambert, R. Bailey, and K. Myers. 2004: *Range characterization studies at Donnelly Training Area, Alaska 2001 and 2002*. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, Technical Report ERDC/CRREL TR-04-3.
- Гарбузюк О.О. 2005: *Вибухові речовини*. Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс], НАН України, НТШ. К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України.
- Практикум з ґрунтознавства і географії ґрунтів : навчальний посібник / Ю.І. Наконечний. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. 374 с.
- Сплодитель А.О., Голубцов О.Г., Сорокіна Л.Ю., Чумаченко С.М. 2023: *Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу*. Київ: ГО «Центр екологічних ініціативи «Екодія», 155 с.
- Качинский Н.А. *Физика почв*. Ч.1. М.: Высш. шк., 1965. 323 с.
- Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України / За ред. О.О. Созінова, Б.С. Прістера. К., 1994. 163 с.*

# ДОДАТОК 1

*Перелік обладнання, яке необхідно взяти з собою в поле під час відбору проб ґрунту.*

Інструменти для відбору та підготовки зразків:

- пробовідбірники (залежно від використовуваного методу відбору проб)
- ложка, шпатель, кельма (одноразові або з нержавіючої сталі)
- контейнер з нержавіючої сталі (для об'єднаної проби)
- сито

Обладнання для збереження та ідентифікації зразків:

- відповідні контейнери, надані лабораторією, або нові контейнери, за необхідності (варто мати певний резерв, на 20% більше, ніж необхідно)
- самоклеючі етикетки та ручки з незмивними чорнилами
- бланки (відбору зразків, запиту на аналіз тощо)
- інструменти та засоби, необхідні для миття інструментів
- очищена вода
- безфосфатний (мийний) засіб
- органічні розчинники: ацетон
- бавовняні серветки
- паперові рушники
- щітка
- ємність для збору залишків мийноготзасобу
- рукавички, сумісні з розчинниками
- алюмінієва фольга

Інше:

- захисний костюм (респіратор, гумові рукавички тощо)
- блокнот, ранець, олівці
- карта місцевості, аерофотознімки
- рулетка
- фотоапарат
- пакети для сміття
- засіб від комах, сонцезахисний крем
- аптечка
- складаний стільчик (для зручності заповнення бланків, записів та ін.)
- довідкові посібники та посібник з відбору зразків

## ДОДАТОК 2

### АКТ ВІДБОРУ ПРОБ ҐРУНТУ

1. Дата та час відбору проб \_\_\_\_\_
2. Адреса організації, що проводить відбір проб \_\_\_\_\_
3. Адреса організації, що проводить хімічний аналіз \_\_\_\_\_
4. Умови місцевості \_\_\_\_\_
5. Номер ділянки або поля \_\_\_\_\_
6. Тип ґрунту \_\_\_\_\_
7. Засіб відбору одиничних проб ґрунту (кельма, пробовідбірник) \_\_\_\_\_
8. Кількість одиничних проб \_\_\_\_\_
9. Характер метеорологічних умов в день відбору проби \_\_\_\_\_
10. Особливості, виявлені під час відбору проб (залишки вибухових речовин, засмічення тощо) \_\_\_\_\_
11. Відповідальний виконавець за відбір проб: \_\_\_\_\_

№	Лабораторний № проби	Місце відбору	Маса об'єднаної проби	Глибина відбору, см	Додаткові відомості (колір, вологість, гранулометричний склад, щільність тощо)

ДЛЯ НОТАТОК

C71 **Сплодитель А. О.** Методичні рекомендації з відбору проб ґрунту в зонах бойових дій / А. О. Сплодитель. – Київ – Чернівці : Друк Арт, 2023. – 40 с.  
ISBN 978-617-8129-42-2

В роботі систематизовано стратегії та підходи під час відбору проб, запропоновано алгоритм науково-пошукових заходів із дослідження ґрунтів зон бойових дій. Основна увага приділена виявленню екологічних проблем, що зумовлені воєнним впливом на ґрунти, ідентифікації забруднювачів та оцінці воєнного впливу на еколого-геохімічний стан ґрунтового покриву.

Рекомендовано для географів, ґрунтознавців, геохіміків, екологів, студентів закладів вищої освіти.

**УДК 550.4:54.05:[504.61:355.01](083.13)**

The paper systematises strategies and approaches to sampling, and proposes an algorithm for scientific research activities to study the soils of combat zones. The main attention is paid to the identification of environmental problems caused by military impact on soils, the identification of pollutants and the assessment of military impact on the ecological and geochemical state of the soil cover. It is recommended for geographers, soil scientists, geochemists, ecologists, and students of higher education institutions.



Наукове видання

**Сплодитель Анастасія Олегівна**

**Методичні рекомендації з відбору проб ґрунту  
в зонах бойових дій**

Макетування Ольги Чусової  
Підготовка до друку Анни Літвінчук,  
Людмили Звенигородської

Підписано до друку 03.10.2023. Формат 60x84/16.  
Папір офсетний. Гарнітура HelveticaNeueCyr. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 2,56. Тираж 250 прим. Зам. 231429

Видавець ТОВ «Друк Арт»  
58018 Чернівці, вул. Маловокзальна, 2Д, тел. 585-432  
*Ліцензія про державну реєстрацію ДК № 2741 від 15.01.2007 р.*  
Виготовлювач ФОП Варвус В. В.

