

Відновлення ґрунтів, які зазнали впливу військових дій



Ґрунт є основою всіх процесів виробництва продуктів харчування - від нього залежить майже 95 % світового виробництва продовольства.



Найбільш важливим та вразливим компонентом біогеосфери є ґрунтовий покрив, формування якого в межах України відбувалося в останні 10 млн років. Якщо врахувати, що 1 см гумусового горизонту ґрунту утворюється приблизно за 100 років, то для відновлення природної родючості ґрунту потрібен досить тривалий час.



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



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



Ці порушення умовно поділяють на дві групи:

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



Воєнні дії спричиняють низку впливів на ґрунтовий покрив

- ✓ Механічних
- ✓ Фізичних
- ✓ Хімічних



Ці впливи призводять до руйнування структури та функцій ґрунтової екосистеми, ведуть до погіршення фізико-геохімічних властивостей. Знищення рослинності, порушення ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження, опустелювання є поширеними наслідками воєнно-техногенного навантаження. Унаслідок цього різко скорочуються рівень біорізноманіття, а це зі свого боку впливає на біологічні популяції та види, а втрата біорізноманіття посилює зміною структури та функцій ландшафтів

Механічний вплив та наслідки для ґрунтів

Механічний вплив під час воєнно-техногенного навантаження полягає у механічній деформації ґрунтового покриву під час

- ✓ пересування колісної та гусеничної військової техніки
- ✓ безпосереднього руху військ
- ✓ будівництва приповерхневих та підземних споруд
- ✓ бомбардування
- ✓ розмінування територій
- ✓ будівництва оборонної інфраструктури



Основним механічним впливом на ґрунт є ущільнення з пошкодженням гумусового шару,

- ✓ *що має прямі негативні наслідки, як-от порушення водного балансу ґрунту, та спричинює розвиток вітрової та водної ерозії.*
- ✓ Руйнування структури ґрунту відбувається в результаті зсуву частинок одного шару щодо іншого під дією воєнно-техногенного навантаження.
- ✓ Унаслідок цього ущільнення ґрунтів погіршується адаптація рослин до змін клімату, посушливих умов і нестачі вологи.
- ✓ Водночас ущільнений унаслідок механічного впливу ґрунт стає більш стійким до подальшого воєнно-техногенного впливів у в умовах постійної нестачі продуктивної вологи.



Деформації ґрунтового покриву відбуваються внаслідок формування при поверхневих та підземних **фортифікаційних споруд** (бліндажі, окопи, траншеї, тунелі, сховища паливно-мастильних матеріалів, сховища бойових матеріалів).

Це посилює низку небезпечних *геоморфологічних процесів*: зсуви, заболочування, осідання ґрунту тощо. Саме тому під час побудови фортифікаційних споруд слід враховувати глибину залягання ґрунтових вод та умови ґрунтового зволоження.



Утворення кратерів під час воєнних дій спричинене бомбардуванням. Наслідком вибухової дії є швидке вивільнення енергії, яке утворює кругову ударну хвилю, що оточує точку удару – воронку. Після вибуху ґрунт частково видаляється, формуючи котлован. Цей тип порушення ґрунту визначено як **бомбтурбація**. Під час цього процесу вибухова хвиля провокує руйнування послідовності ґрунтових горизонтів, що призводить до порушення повітряно-водного режиму. Найбільші за розмірами продукти вибуху залишаються на дні кратеру або переважно щільно прилягають до нього. Місця бомбтурбації стають осередками накопичення води та органічної речовини. Невдовзі на дні кратеру або воронки вибуху формується гідрофільна рослинність, що є відмінною від типового рослинного покриву місцевості, і яка свідчить про підвищену вологість ґрунту. Якщо кратери утворено в місцях з близьким до поверхні рівнем ґрунтових вод, розвиток ґрунту та вегетація рослин сповільнюється.



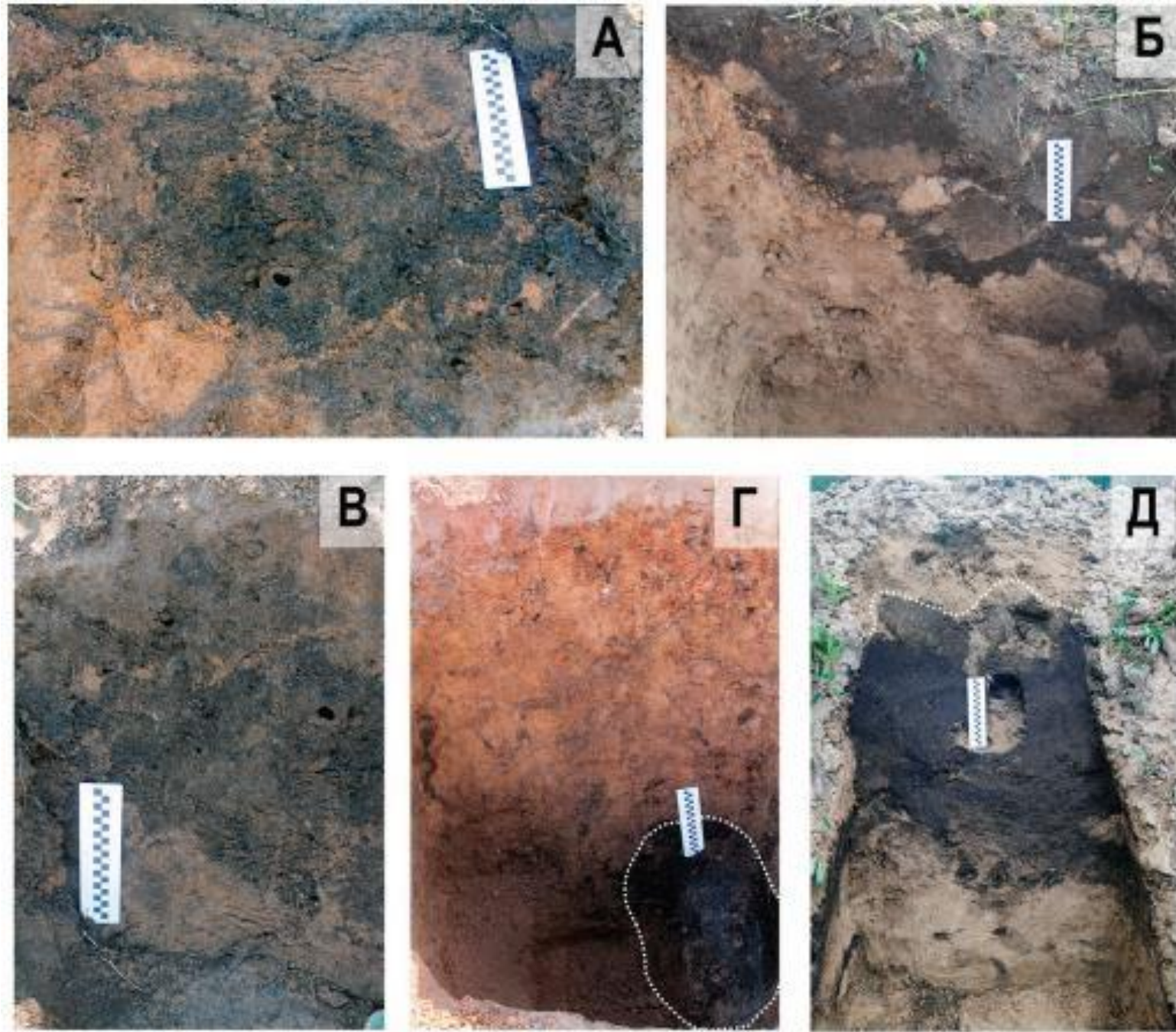


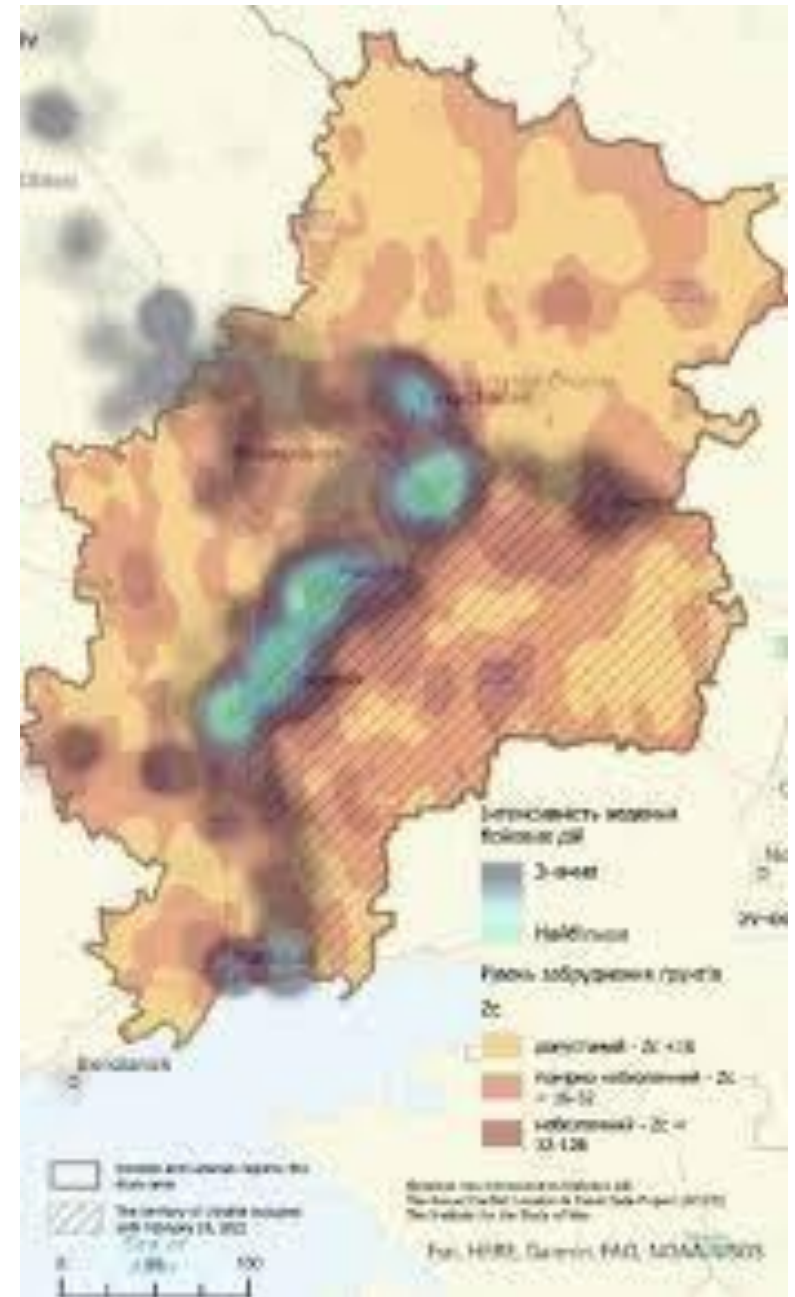
Рис. 1.18. Морфологічні форми бомбтурбації:

Під час розмінування територій руйнується гумусовий горизонт, втрачаються фізико-хімічні властивості ґрунту та відбуваються зміни гранулометричного та агрегатного стану. Зі свого боку це впливає на потенційну родючість та водоутримувальну здатність ґрунту.

Встановлення мін саме собою передбачає в майбутньому турбулентність ґрунту. Детонація забруднює ґрунт металевими фрагментами та залишками вибухової речовини. Операції з очищення від наземних мін часто складні і дорогі, тому в країнах, що розвиваються, ці наслідки можуть трактуватися як абсолютна втрата ґрунтових ресурсів.



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



Фізичний вплив та наслідки для ґрунтів

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

- ✓ Вібраційний
- ✓ Радіаційний
- ✓ Тепловий



Вібраційний вплив характеризується більш низькими частотами коливань і передачею їх через тверді предмети, що безпосередньо стикаються з механізмами, що є ефективними. *Вібраційний вплив пов'язаний із генерацією енергетичних імпульсів під час заходів ведення бойових дій.* Разові імпульси виникають від вибухів боєприпасів на мішеневих полях та від стрільби з різних систем зброї, а періодично повторювані - це шум і вібрація від роботи військової техніки. **Вібрація, що передається у ґрунті, здатна призводити до його ущільнення, витискання води, просідання поверхні, утворення порожнин, зміни мікрорельєфу.**



Радіоактивний вплив зумовлений підвищенням вмісту радіоактивних речовин через застосування боєприпасів із збідненим ураном, засобів та приладів із джерелами іонізуючого випромінювання. Нині на території України не зареєстровано використання цього типу зброї.



Тепловий вплив зумовлює локальне підвищення температури внаслідок викидів нагрітого повітря, порохових газів, газоподібних продуктів та вихлопних газів. Тепловий вплив негативно впливає на ґрунтовий покрив, викликаючи порушення термічного та водного режиму, зміни гранулометричного та агрегатного складу. Зміна термічного режиму ґрунту впливає на ґрунтові організми, змінюючи їхній рівень насиченості киснем та призводить до зниження біорізноманіття



Хімічний вплив та наслідки для ґрунтів

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



До хімічного забруднення воєнно-техногенного походження належать

- ✓ пальне транспортних засобів
- ✓ мастильні матеріали
- ✓ Сольвенти
- ✓ відходи гальванічного виробництва
- ✓ залишки вибухових речовин
- ✓ дезактиваційні речовини
- ✓ важкі метали та їхні сполуки
- ✓ радіоактивні речовини.

Небезпечними речовинами фізико-хімічного типу є вибухонебезпечні матеріали.



Під час здійснення стрільб використовуються боєприпаси з різним **складом пороху та вибухових речовин**, при горінні яких утворюються речовини, як-от *азот, сажа, вуглеводні, свинець, двоокис марганцю та інші* похідні, що негативно впливають на здоров'я людини та навколишнє природне середовище.

Так, під час вибуху одного 115 мм осколково-фугасного боєприпасу, спорядженого гексогеном, утворюється близько 4000 л газу, який містить продукти згоряння цієї вибухової речовини. До 30% газів розсіюється в повітрі, а більша їхня частина (важкі фракції та важкі метали) осідають на ґрунт.



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



Нерозірвані боєприпаси та наземні міни становлять серйозну шкоду для ґрунтів протягом десятків років. Загроза полягає у викидах токсичних речовин внаслідок *корозії боєприпасів*, а також низки ризиків, пов'язаних з *випадковою детонацією*. Забруднення ґрунту наземними мінами позбавляє місцевих громад доступу до землі та природних ресурсів.



Проведені дослідження Сумською та Харківською філіями ДУ «Держгрунтохорона» на територіях бойових дій встановили, що **вміст валових форм важких металів у пробах порушеного ґрунту перевищує фонові значення від 1,1 до 15,5 разів.** Найбільше перевищення — за вмістом свинцю, найменше — за вмістом заліза. Перевищення гранично допустимих концентрацій за вмістом марганцю — у двох пробах (від 2,3 до 2,4 разу); цинку відмічено у всіх 10 пробах ґрунту (від 1,8 до 51 разу); свинцю — у 6 пробах (від 1,5 до 11,6 разів).



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

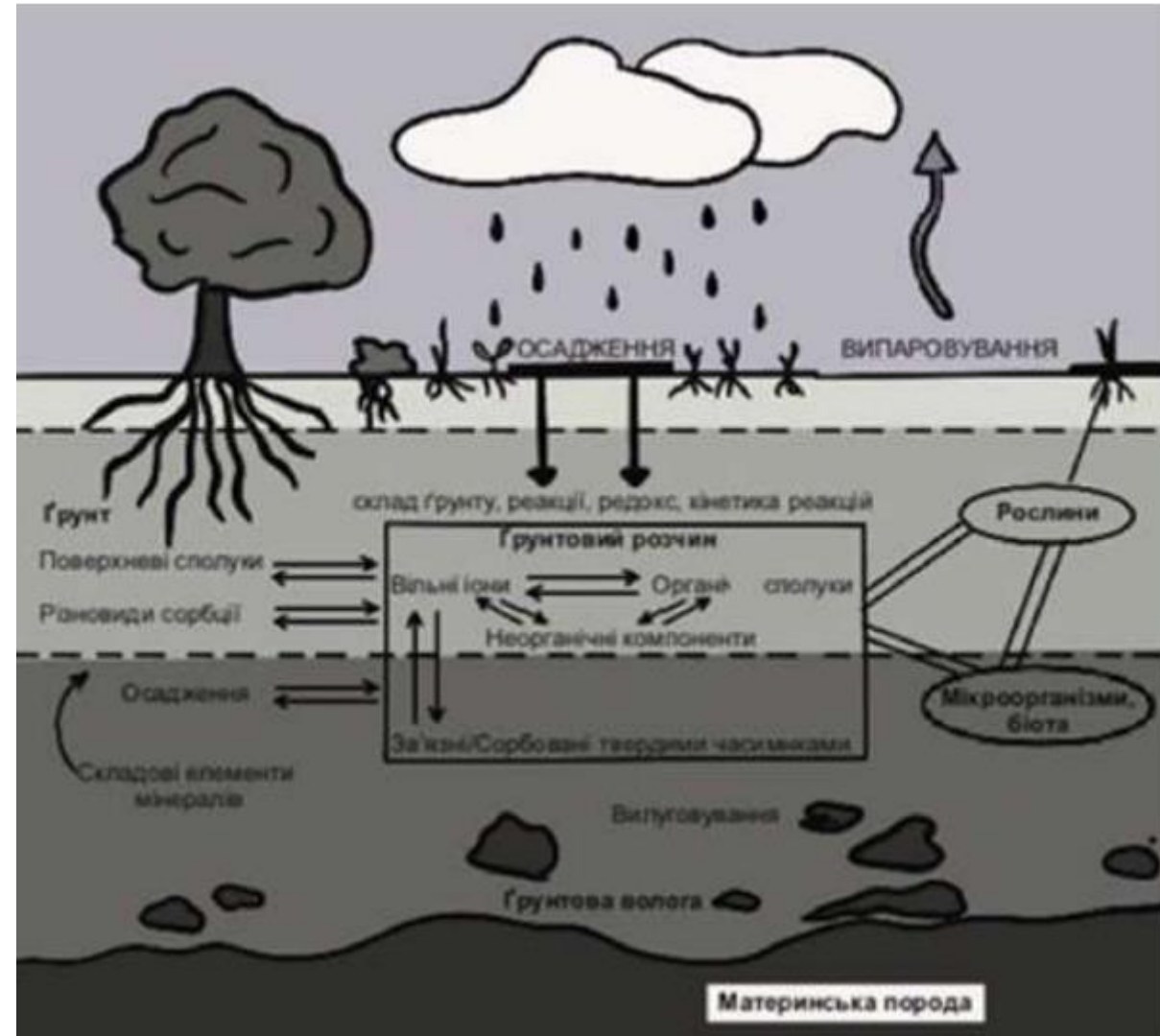


Ґрунти, забруднені вуглеводнями, є джерелом токсичних газів і пилу, що переносяться повітрям та мають гострий токсичний вплив на ґрунтове біорізноманіття¹⁰. Бензол, толуол, етилбензол і ксилол, що виділяються зі свіжо забруднених ґрунтів, можуть спричинити хронічний вплив на стан здоров'я населення. Після потрапляння в ґрунт вуглеводні можуть повністю або частково займати поровий простір ґрунту, що блокує потік повітря та води. Це впливає на дихання коренів рослин, на ґрунтові мікроорганізми, а також на забезпечення цих біот вологою



Дуже негативним моментом є те, що забруднюючі речовини можуть переміщуватись. Це відбувається двома шляхами:

- **горизонтальним** - відбувається відразу після бомбардувань насамперед завдяки повітряному переносу;
- **вертикальним** - це пов'язано з такими чинниками як дифузія іонів, перенесення з потоком вологи чи корневими системами рослин, діяльність ґрунтової мезофауни, господарська діяльність людини.



Найчастіше міграції забруднюючих речовин відбуваються через підземні води, які мають здатність затримувати важкі метали шляхом вибіркового поглинання (адсорбції). На те, яка частка важких металів мігрує, впливає багато факторів. Зокрема, значення має склад ґрунту, органічні речовини в ньому, вологість, мікробіологічна активність та ін. Наявність рослин також впливає на рухливість вибухових речовин та важких металів.



Процес перетворення забруднених земель у придатну для використання площу називають **рекультивацією**. Вибір технології рекультивації залежить від характеру та ступеня забруднення, цільового призначення або використання ділянки, що відновлюється, а також від наявності результативних та економічно ефективних технологій.



Пперед тим, як вибрати технологію, потрібно провести аналіз наслідків бойових дій. Фахівці «Екодія» **проводили його в 5 етапів:**

1. ідентифікування землі, пошкодженої бойовими діями;
2. ідентифікування факторів впливу (напр. це були маневри військ чи переміщення техніки);
3. визначення типу впливу (хімічний, механічний чи фізичний) та наслідків для земель;
4. оцінювання рівня забруднення ґрунтів внаслідок певного типу впливу (напр. оцінка засміченості ділянок осколками);
5. оцінювання рівня забруднення ґрунтів.

На основі висновків аналізу можна обрати оптимальний варіант рекультивації. Своєю чергою методи обробки забрудненого ґрунту включають фізичну, хімічну та біологічну ремедіацію (очищення).



Схема 4. Методи обробки забрудненого ґрунту

ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ

Мінування територій	Детонація боєприпасів	Поховання вбитих	Рух військової техніки	Випалені чорноземи
Третина території України є мінно-небезпечною	Ґрунтознавці відзначають перевищення показників забруднення ґрунтів у 6-8 разів	Точну кількість погблих військових визначити неможливо через активні бойові дії	Швидкість відновлення ґрунту становить приблизно 0,06 мм/рік	Вміст важких металів у ґрунтах подекуди у 25 разів перевищує норму



Дякую за увагу!