

# **Вплив військових дій на ґрунти**

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 впливу та ландшафтних умов території



Оцінка воєнно-техногенного навантаження на ґрунти повоєнних ландшафтів здійснюється за рівнями інтенсивності бойових дій із врахуванням типів бойових забруднень.

В Україні з 24 лютого 2022 року відбуваються повномасштабні бойові дії з порушеннями ґрунтового покриву.





Станом на жовтень 2022 року в Україні активні бойові дії тривають приблизно на 1300 км лінії фронту, при цьому значно охоплюючи сільськогосподарські землі: поля, захисні лісосмуги, пасовища, території ферм.

Як видно на картах – ділянки фронту у жовтні 2022 року стабілізувалися у місцевості, розораній під сільськогосподарські угіддя, у захисних лісосмугах та біля невеликих поселень. По всій лінії фронту щоденно ведуться масовані артилерійські обстріли, скидаються важкі авіабомби, ведуться ракетні обстріли з великими зарядами вибухової речовин



*Ділянка фронту в Харківській області 13.10.2022*



*Ділянка фронту в Запорізькій області 13.10.2022*

**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 прями 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.





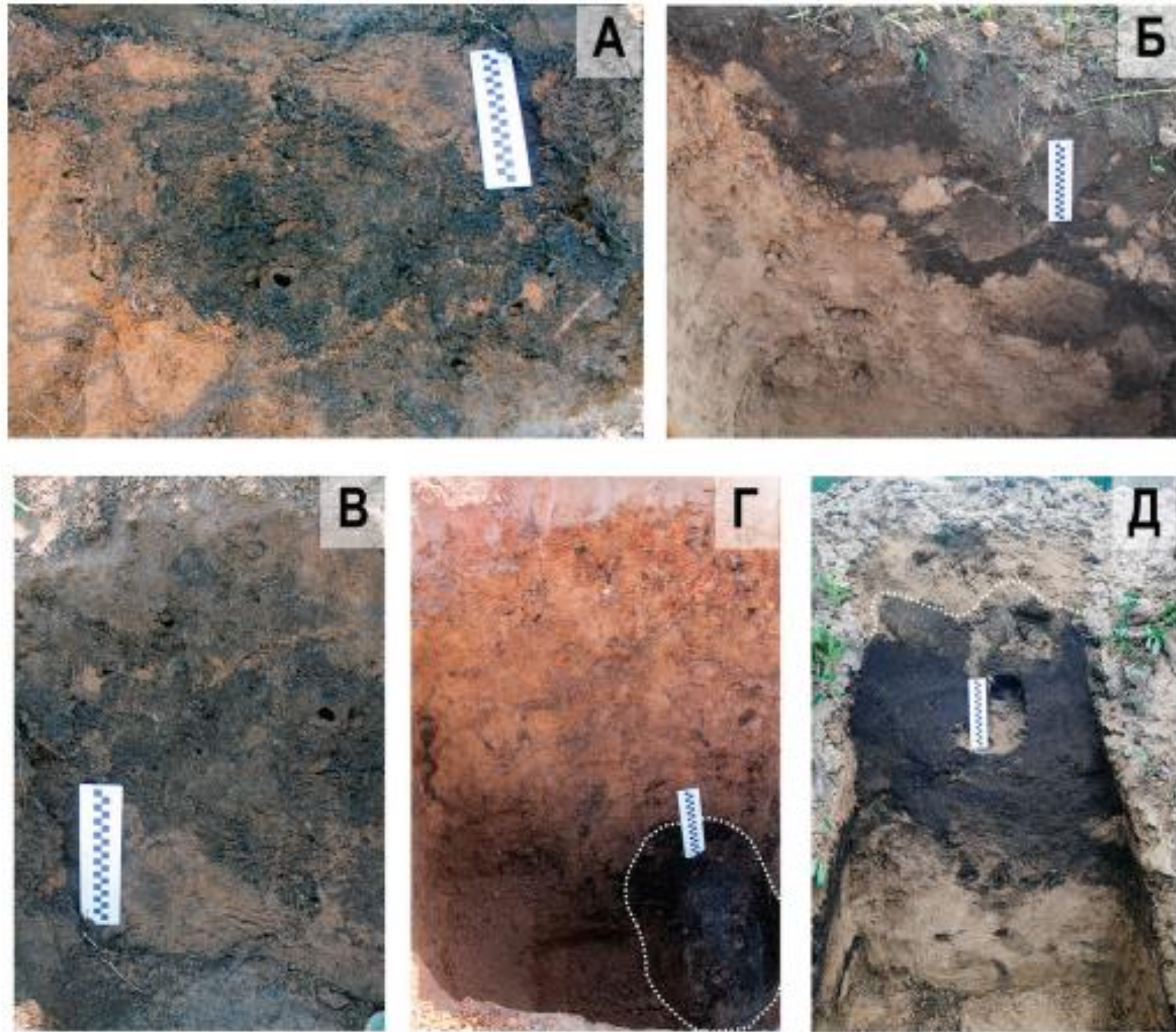


Рис. 1.18. Морфологічні форми бомбтурбації:

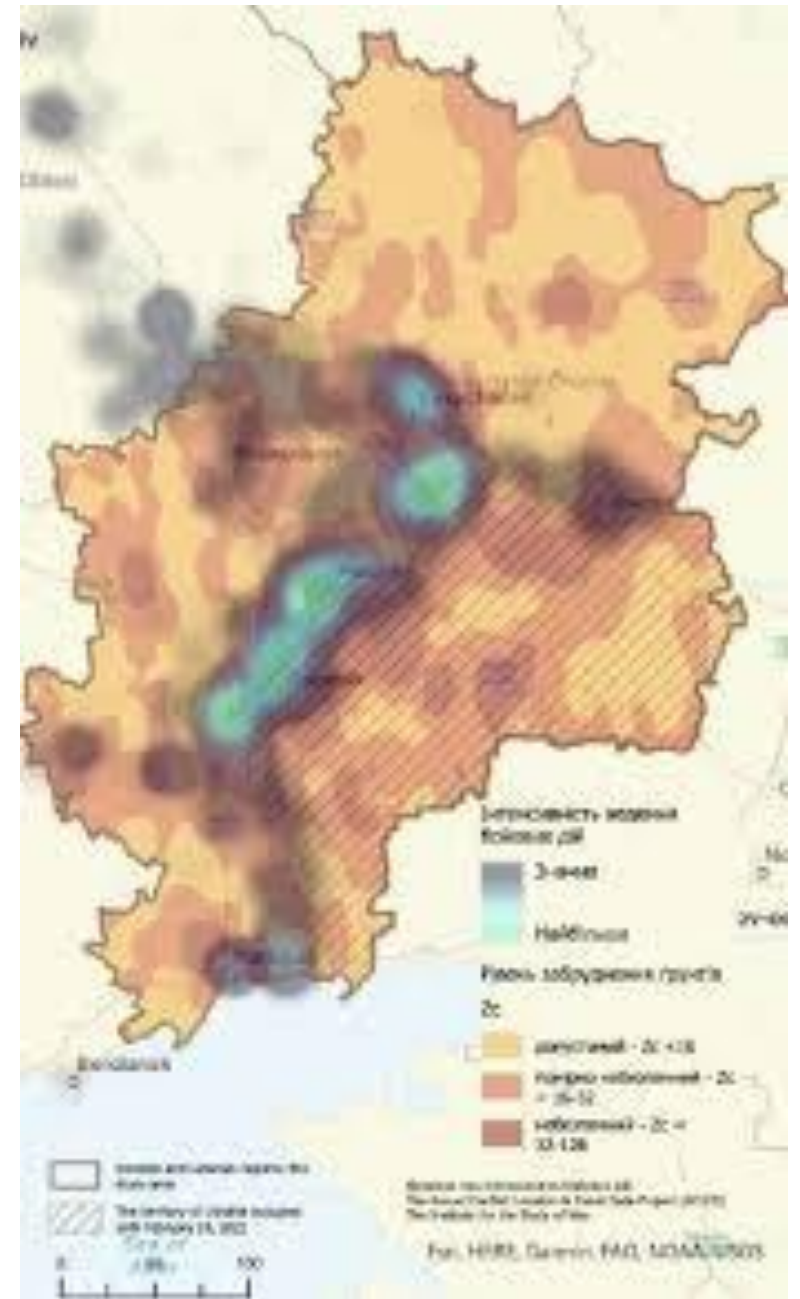
Під час розмінування територій руйнується гумусовий горизонт, втрачаються фізико-хімічні властивості ґрунту та відбуваються зміни гранулометричного та агрегатного стану. Зі свого боку це впливає на потенційну родючість та водоутримувальну здатність ґрунту.

*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**

- ✓ паливо 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.



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

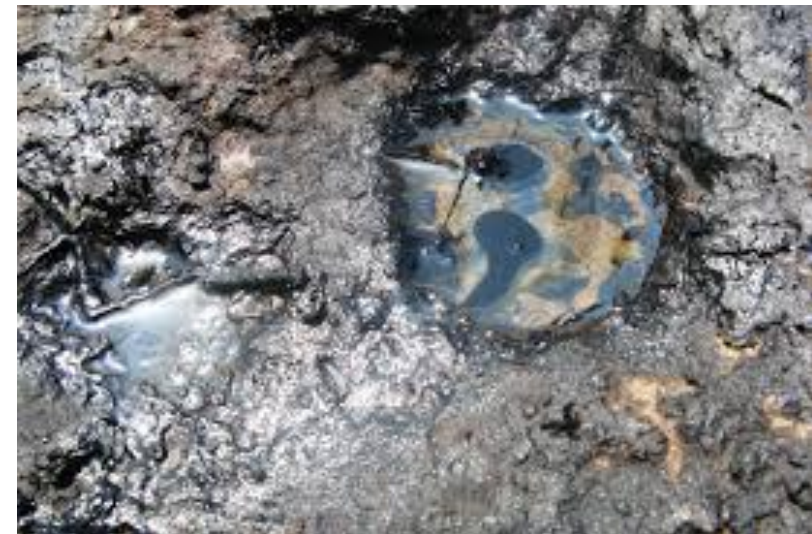


Проведені дослідження Сумською та Харківською філіями ДУ «Держгрунтохорона» на територіях бойових дій встановили, що **вміст валових форм важких металів у пробах порушеного ґрунту перевищує фонові значення від 1,1 до 15,5 разів.** Найбільше перевищення – за вмістом свинцю, найменше – за вмістом заліза. 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.



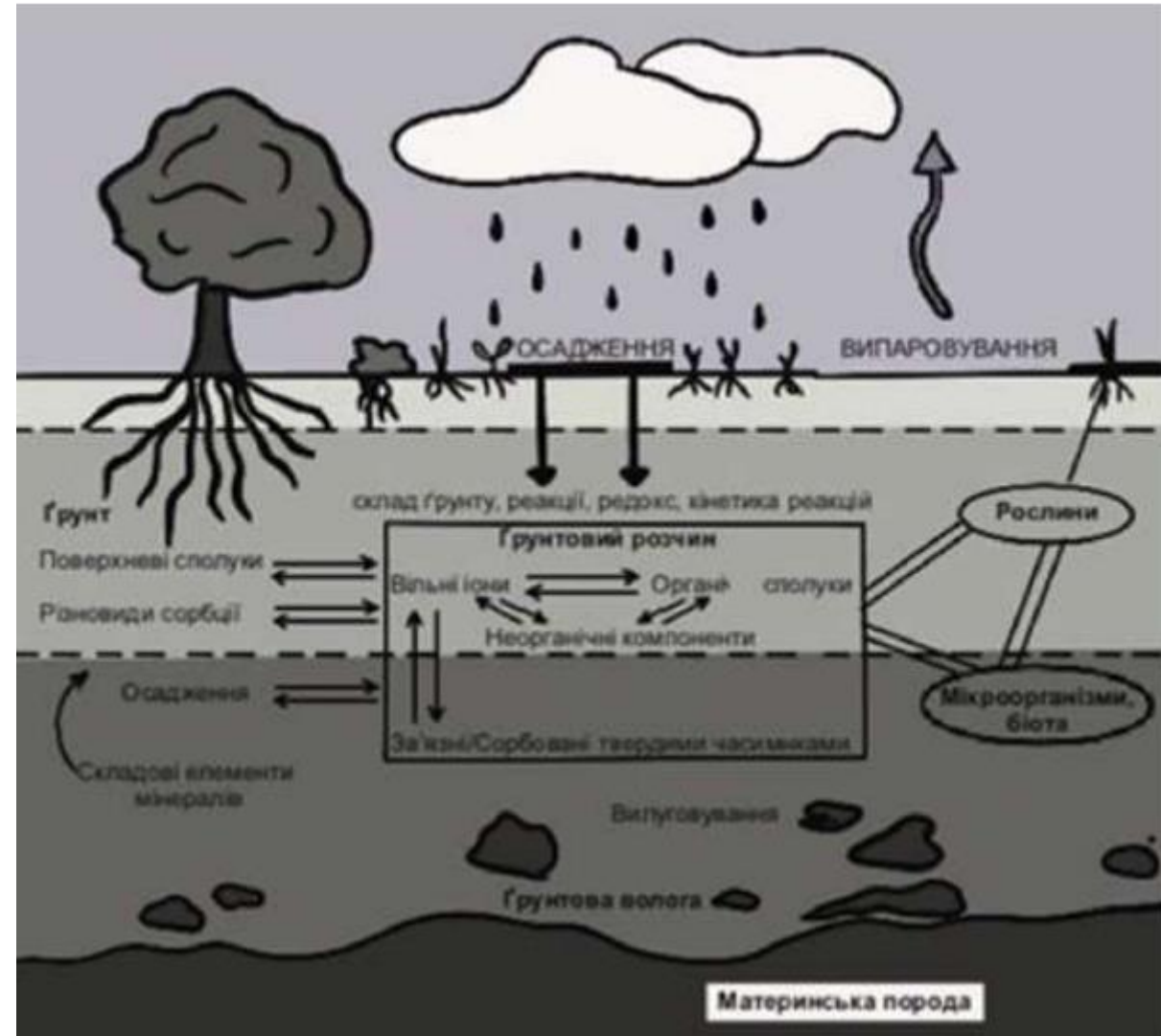
Ґрунти, забруднені вуглеводнями, є джерелом токсичних газів і пилу, що переносяться повітрям та мають гострий токсичний вплив на ґрунтове біорізноманіття<sup>10</sup>. Бензол, толуол, етилбензол і ксилол, що виділяються зі свіжо забруднених ґрунтів, можуть спричинити хронічний вплив на стан здоров'я 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.**



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.

## 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 <b>6-8</b> разів	Точну кількість погалих військових визначити неможливо через активні бойові дії	Швидкість відновлення ґрунту становить приблизно <b>0,06 мм/рік</b>	Вміст важких металів у ґрунтах подекуди у <b>25</b> разів перевищує норму



# Приклади оцінювання пошкоджених земель на регіональному та місцевих рівнях

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



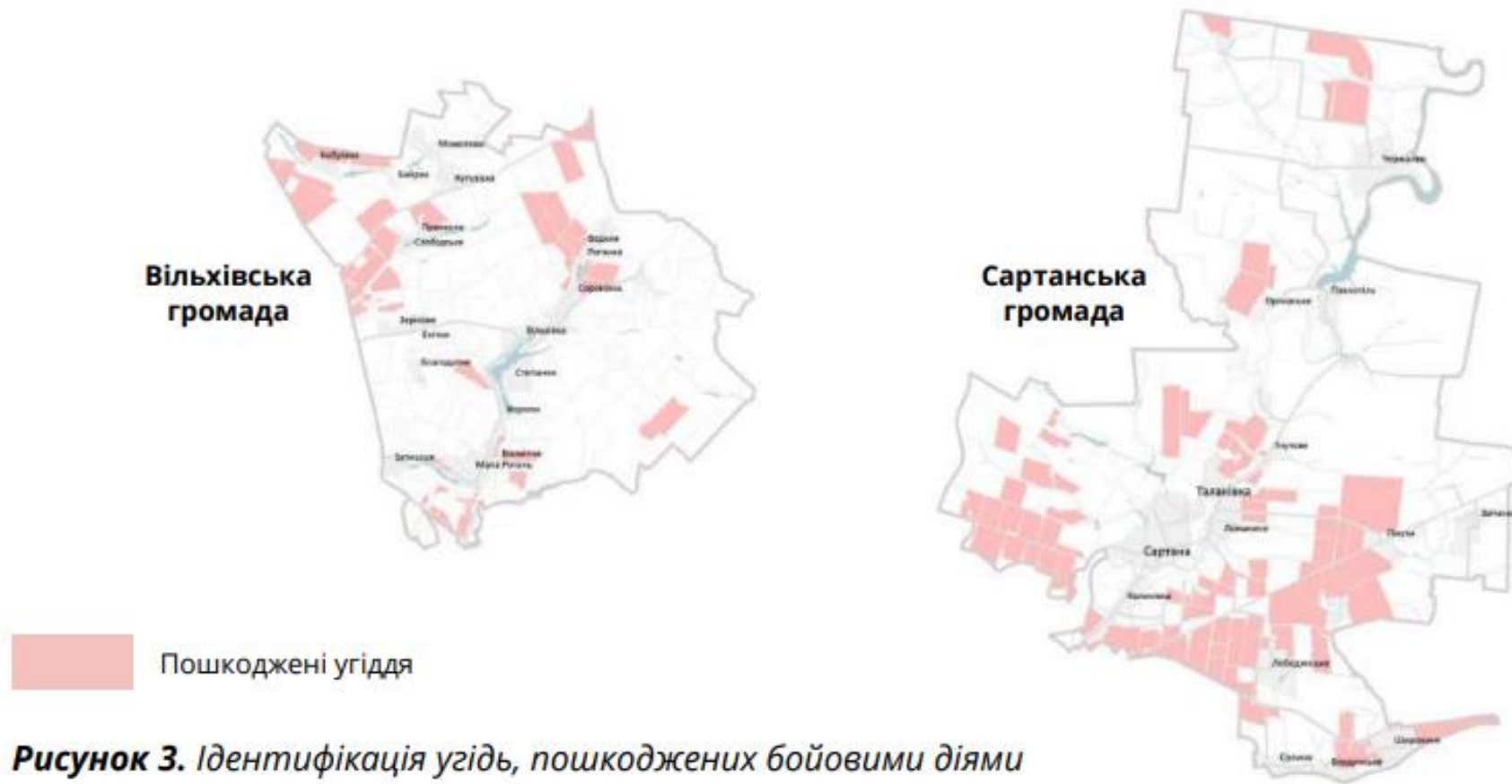
Наслідки бойових дій для земель були детальніше досліджені на прикладі двох ключових територій – **Вільхівська громада Харківської області та Сартанська громада Донецької області**. Обидві громади після початку повномасштабного вторгнення РФ на територію України стали ареною бойових дій різної інтенсивності.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

Основний метод, застосований для дослідження ключових територій геоінформаційні технології (ГІС). ГІС використані для здійснення видів робіт, як-от:

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

Детальний опис характеристик оцінювання пошкодження земель взято з роботи: Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с.

# Ідентифікація угідь, пошкоджених бойовими діями

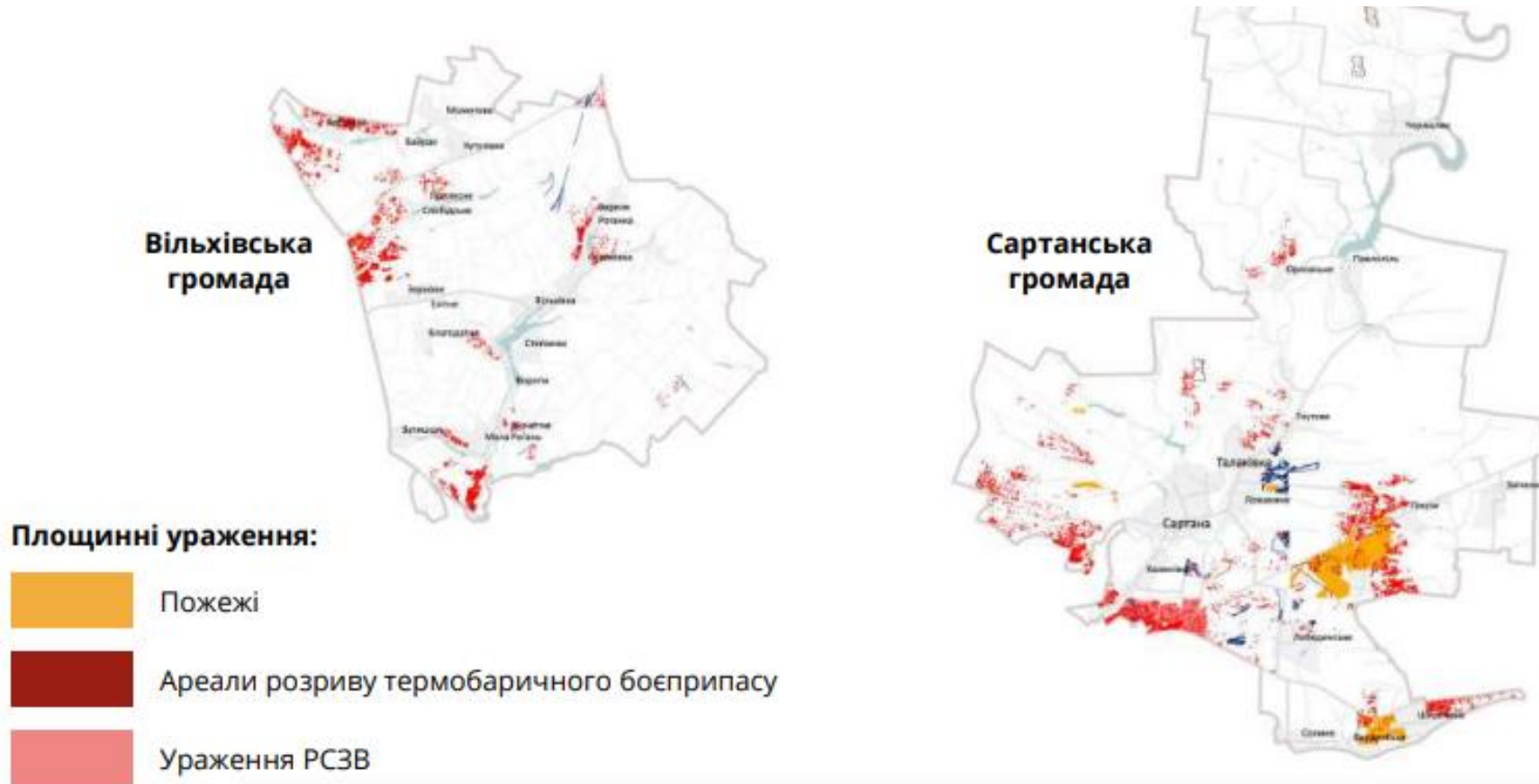


**Рисунок 3.** Ідентифікація угідь, пошкоджених бойовими діями

Детальний опис характеристик оцінювання пошкодження земель взято з роботи: Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО "Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с.

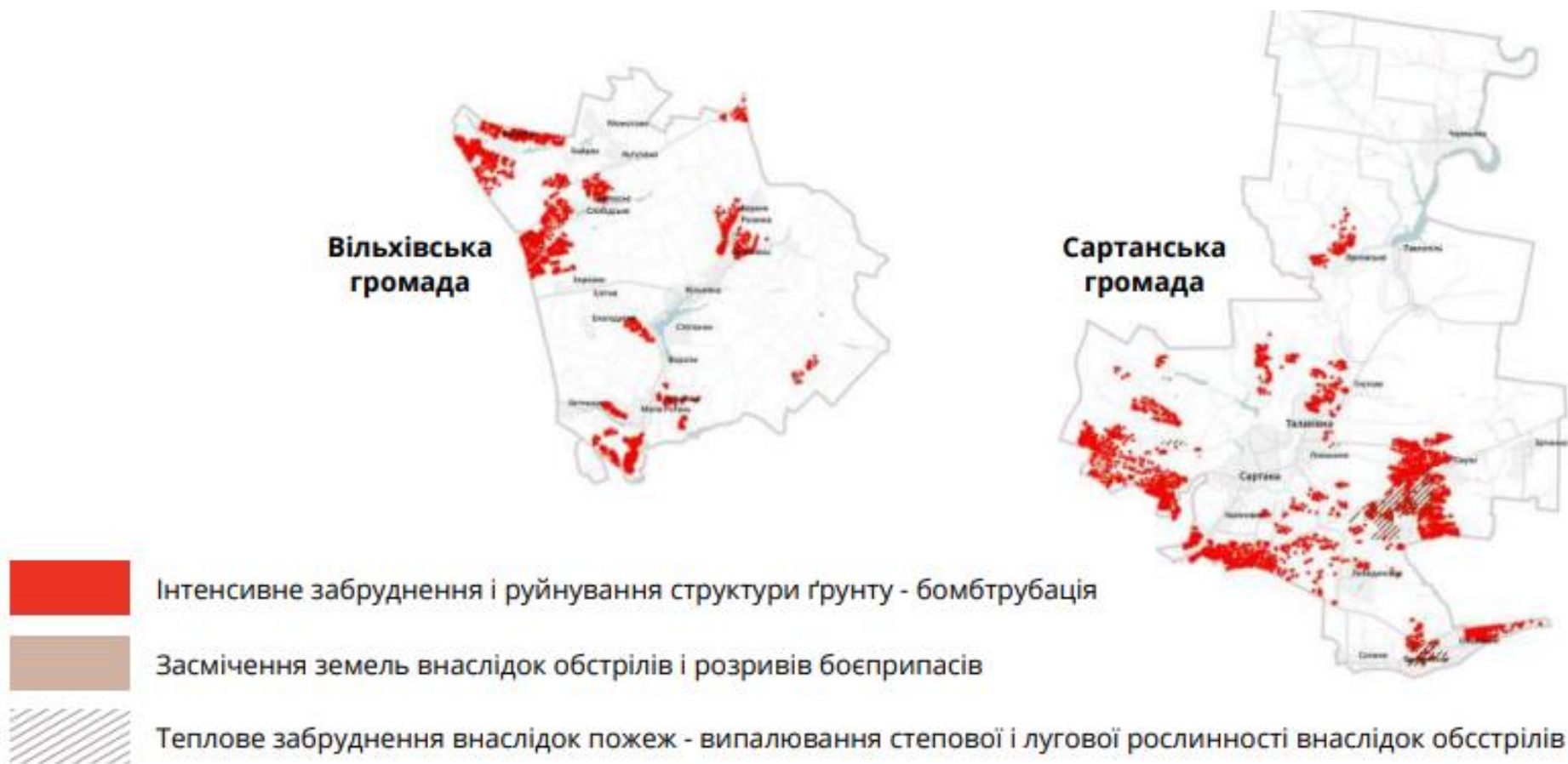


# Ідентифікація факторів впливу



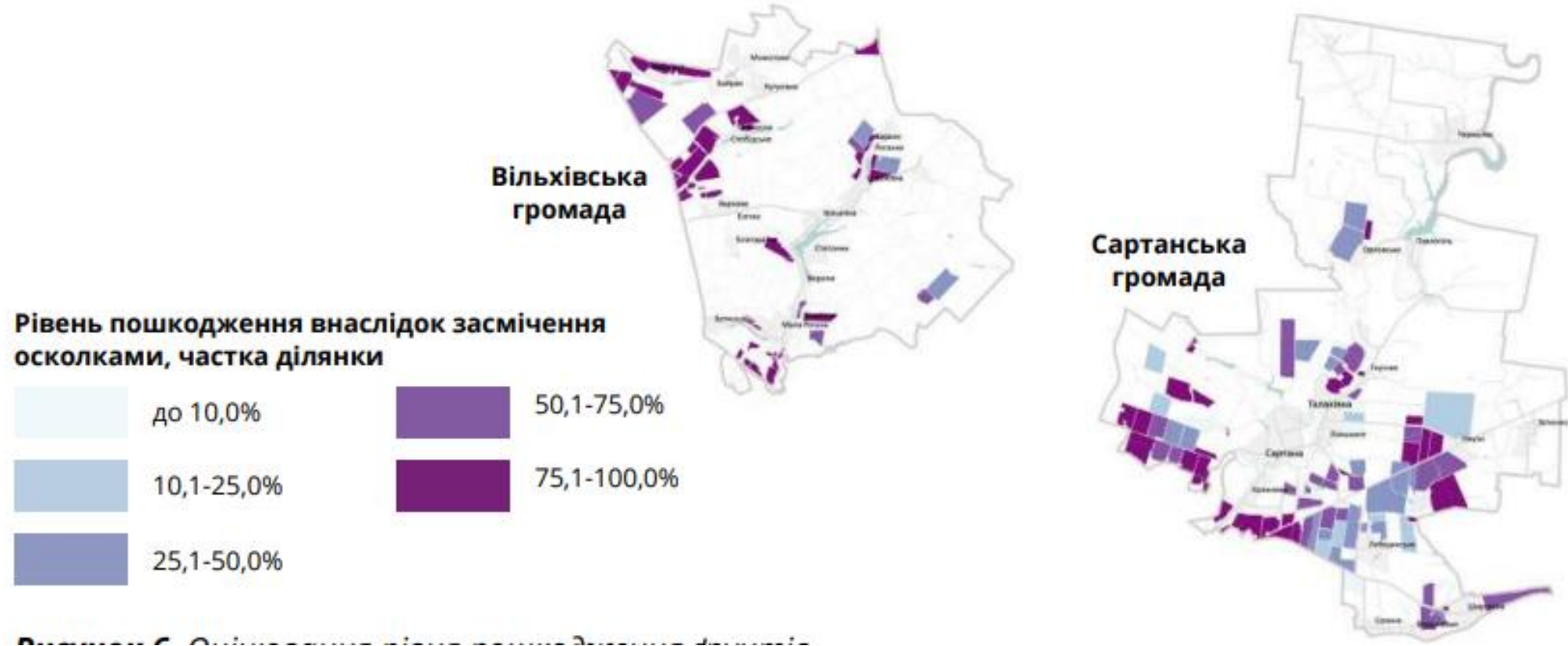
Детальний опис характеристик оцінювання пошкодження земель взято з роботи: Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с.

# Визначення типів впливу та наслідків для земель



Детальний опис характеристик оцінювання пошкодження земель взято з роботи: Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с.

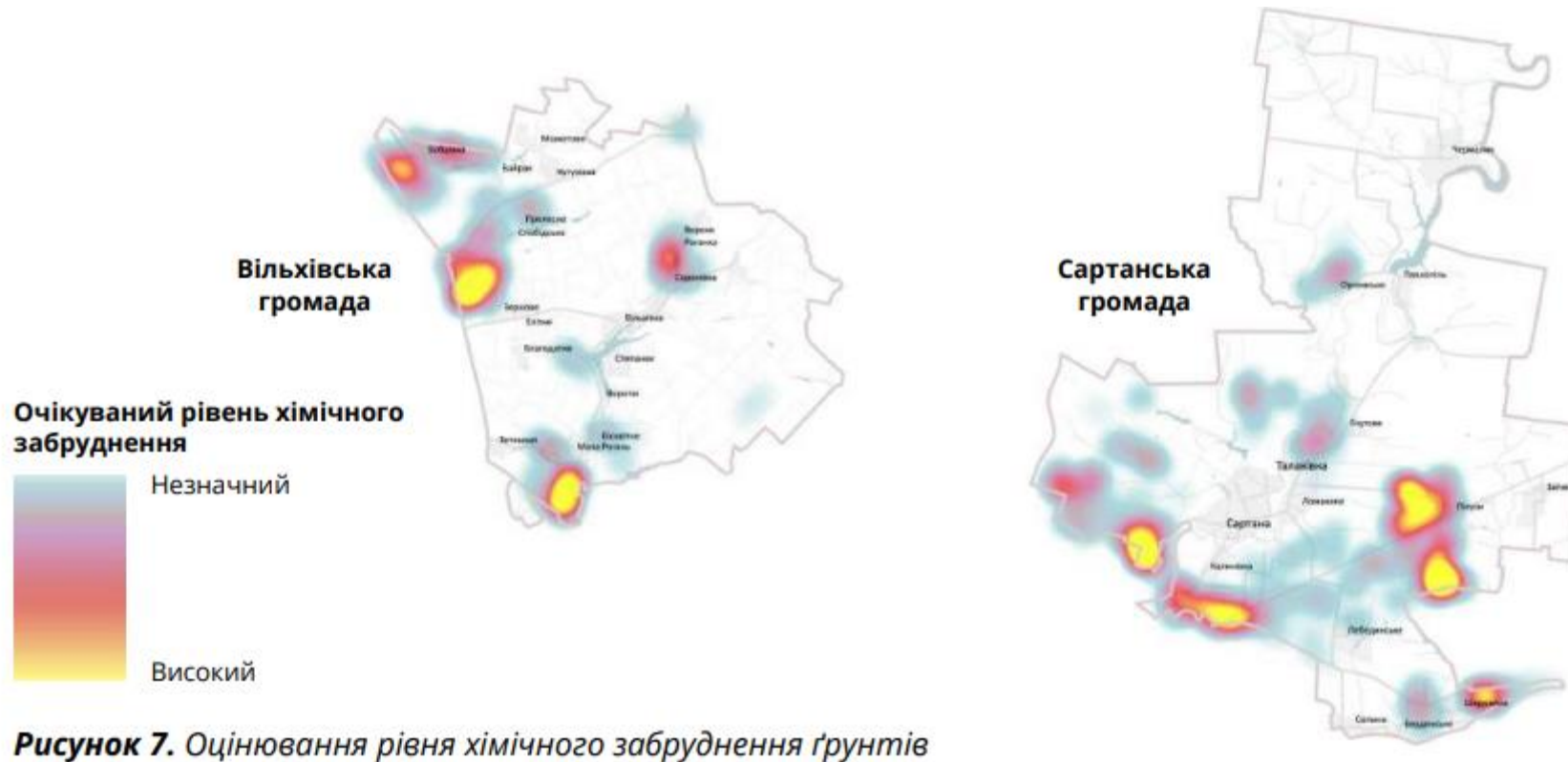
# Оцінювання рівня забруднення ґрунтів



Детальний опис характеристик оцінювання пошкодження земель взято з роботи: Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с.

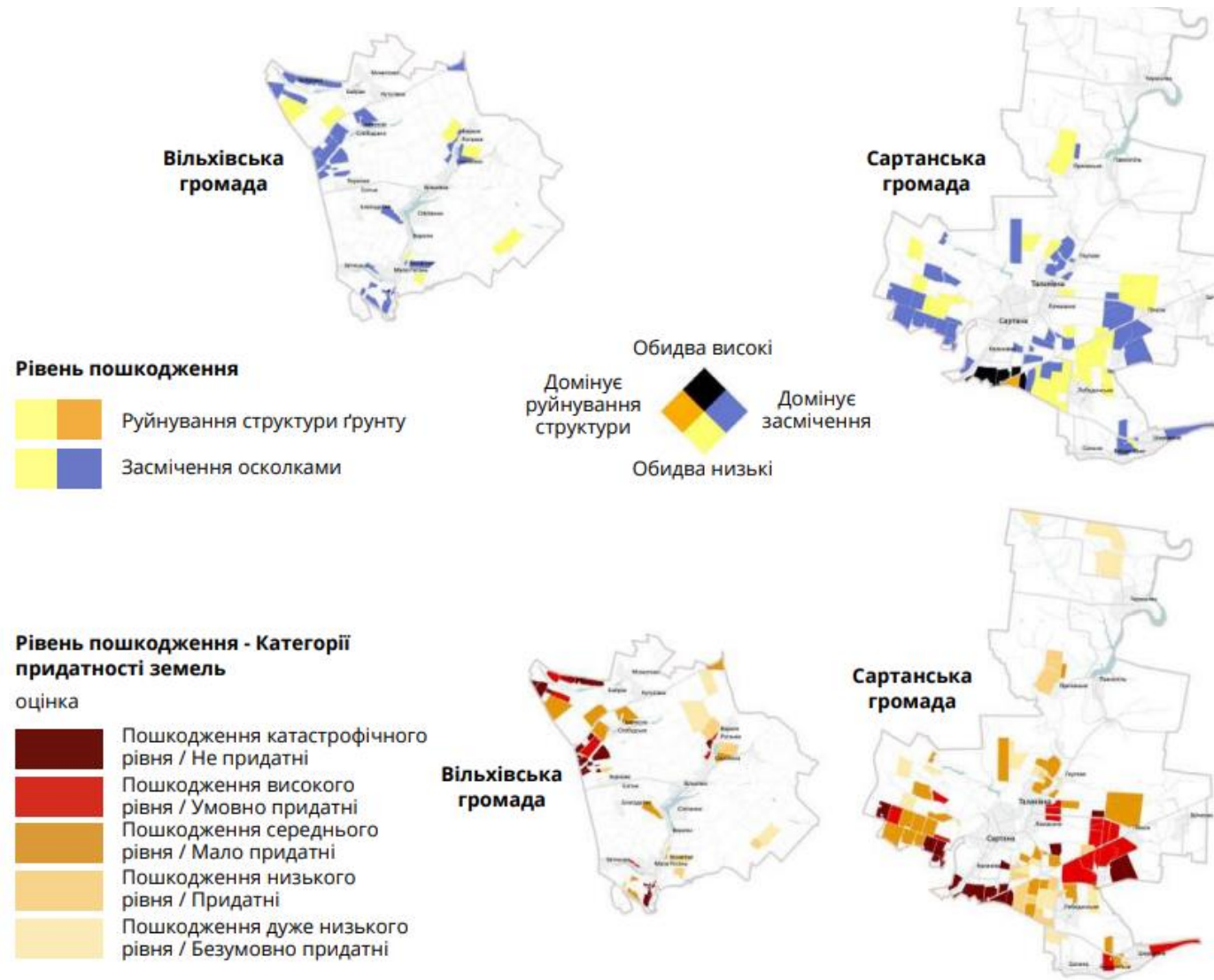


# Оцінювання рівня забруднення ґрунтів



Детальний опис характеристик оцінювання пошкодження земель взято з роботи: Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с.

# Комплексне оцінювання рівня пошкодження: багатофакторний аналіз



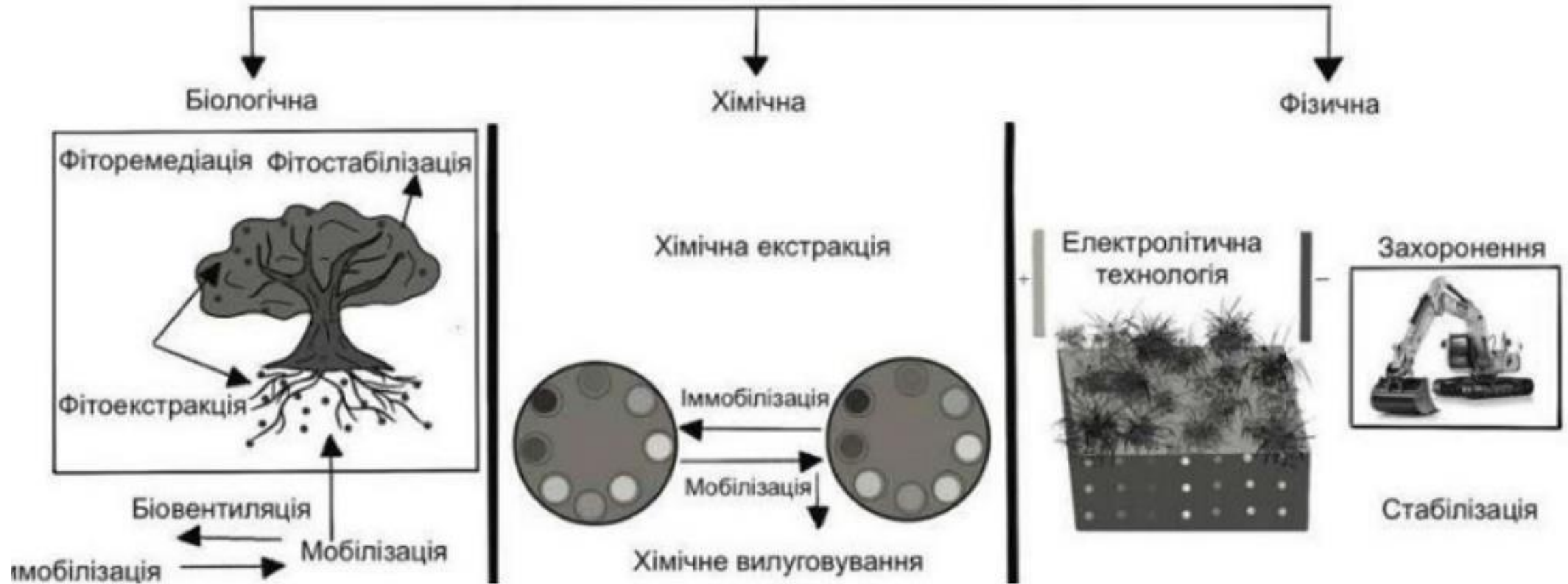
Детальний опис характеристик оцінювання пошкодження земель взято з роботи: Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с.

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.





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*

# Орієнтовна вартість використання технологій відновлення ґрунтів

№	Технологія	Орієнтовна вартість
1	Землеробство	Лабораторні дослідження від 20 000 USD (1 м3), пілотні дослідження від 100 000 USD; Обробка 1 м3 ґрунту до 100 USD.
2	Стабілізація	Вартість технології з реагентами складає (за 1 м3) від 50 USD до 120 USD – для поверхневих забруднень, від 200 USD для глибинних. Окремо закладається вартість на обладнання від 200000 USD залежно від особливостей території, вартості електроенергії
3	Фітосанація	Вартість 1 га потужністю 0,5 м ґрунту складає від 150 USD до 250000 USD
4	Компостування	Вартість технології залежить від кількості обробленого ґрунту, доступності добавок, типу забруднювальних речовин і складає 200 USD за 1 м3 при обробці 20000 м3 ґрунту.
5	Хімічне вилуговування (промивання)	Вартість технології складає від 30 USD до 300 USD за 1 м3 ґрунту з урахуванням типу та концентрації речовин, що входять в склад розчину.
6	Термічна десорбція	Вартість обробки складає від 10 до 70 USD за 1 м3 ґрунту. Пілотні дослідження сягають затрат від 10000 USD. Концентрація забруднень, ландшафтно-геохімічні умови визначають верхню межу вартості.
7	Хімічна екстракція	Вартість технології оцінюється від 150 USD до 500 USD за 1 м3 ґрунту
8	Хімічне окислення/відновлення	Вартість всього процесу оцінюється в межах від 200 до 500 USD за тону обробленого ґрунту без врахування затрат на аналітичні дослідження
9	Захоронення	Вартість 1 т становить від 1000000 USD

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





Рівень пошкодження (% площі ділянки)	Категорії придатності земель	Характеристика забруднених ґрунтів	Використання	Необхідні заходи
Пошкодження дуже низького рівня до 10% площі ділянки	Безумовно придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунті перебуває в межах фонових значень	Ведення сільськогосподарської діяльності. Вирощування будь-яких культур.	Не потрібні
Пошкодження низького рівня 10-25% площі ділянки	Придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує фонове значення, але не вище ГДК	Використання під будь-які культури за умови контролю за якістю сільськогосподарської продукції	Проведення агротехнічних заходів для зменшення надходження металів у продукцію (вапнування, застосування органічних і мінеральних добрив)
Пошкодження середнього рівня 25-50% площі ділянки	Мало придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК при лімітуючому транслокаційному показнику.	Використання під технічні культури без отримання на них продуктів харчування та кормів; Використання під сінокоси і пасовища з нормованим випасом	Фіторе mediaція, підбір сільськогосподарських культур, що не накопичують забруднювальні речовини. Проведення агротехнічних заходів.
Пошкодження високого рівня 50-75% площі ділянки	Умовно придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК у більшості досліджуваних забруднювальних речовинах	Використання під культурні пасовища; вирощування ефіроолійних культур	Протиерозійні, гідротехнічні, фізичні та хімічні рекультивації. Виключити вирощування культур для продовольчих цілей.
Пошкодження катастрофічного рівня 75-100% площі ділянки	Не придатні	Вміст хімічних речовин у ґрунтах перевищує ГДК за всіма показниками	Вилучення із сільськогосподарського використання. Консервація	Природне відновлення