



# Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

<https://imv.org.ua>



Вплив токсичних речовин на ґрунт,  
екологічні, економічні наслідки; мікробні  
біотехнології для біоремедіації ґрунтів



Олена ВАСИЛЕНКО

М.Н.С., заступник завідуючої  
лабораторії інновацій та трансферу технологій  
+380672395785; [elenavasylenk@ukr.net](mailto:elenavasylenk@ukr.net)

# Зразки ґрунту з місць ведення бойових дій в Чернігівській області, Гостомелі, (червень 2022 р.) Херсонській області (травень 2024 р.)



Спалений танк

З цього місця стріляв танк

Вирва після бомби

Вирва після спаленого танку 2

# Результати досліджень відібраних зразків ґрунту із різних територій України де велися бойові дії .

**Виявлено 27 сторонніх елементів у відібраних зразках ґрунту.**

Ртуть  
Миш'як  
Кадмій  
Свинець  
та інші

**Σ перевищують норми в ґрунті в 10 і більше разів**

**можуть мобілізуватися за рахунок метаболічної дії мікроорганізмів та фіторемедіантів.**

2,4,6 – тринітролуен,  
гексагідро-1,3,5 – тринітро-1,3,5-триазин,  
октагідро-1,3,5,7-тетранітро-1,3,5,7-тетразоцин,  
які створюють токсичні сполуки з органічною речовиною ґрунту, **від якої найбільше залежить його родючість.**

В ґрунті із Бахмуту за півроку тринітролуол не розклався.

**Якщо не стимулювати процеси біоремедіації ґрунту, то розкладання токсичних речовин може затягнутися на десятиліття.**

Продукти напівроспаду є більш токсичними ніж первинні речовини-забруднювачі



**тому важливо прискорювати період розкладання токсинів за рахунок застосування біопрепаратів.**

Непередбачувані наслідки суміші

=  
пестицидів та отрутохімікатів,  
накопичених в ґрунті раніше  
+  
токсичних речовин із боєприпасів,  
паливо-мастильних матеріалів та  
ракетного палива

# Токсичні речовини включаються в природний колообіг та у ланцюги живлення



# Результати досліджень відібраних зразків ґрунту.

## Аналіз ґрунту за агрономічно корисними групами мікроорганізмів, що визначають здоров'я ґрунту та його активність (основні висновки).

- замість **мільярдів** мікроорганізмів – лише **мільйони** - **! 000 000 000**
- найчутливішими до токсичних речовин є фосфатмобілізувальні, азотфіксувальні мікроорганізми, а також стрептоміцети, від яких **залежить утворення родючого шару ґрунту та його здоров'я.**
- у ґрунті багато педотрофних мікроорганізмів, які засвоюють гумінові і фульвокислоти, через що - **ґрунт руйнується** (гумус не утворюється, а відбувається активний процес його деградації)

# Ґрунти на територіях де не велися бойові дії, але над якими літали ракети.



На поверхні ґрунтів та у рослинах:

гептил;

азотна кислота;

діоксид азоту;

діоксид сірки

та інші

Приклад:

органічне господарство у 2023 р.

Органічну продукцію не вдалося експортувати, так як виявили у ній токсичні речовини

Втрати господарства : 7 027 929,6 грн.

# Ґрунти на територіях де не велися бойові дії, але над якими літали ракети.



## Приклад:

органічне господарство в 2023 р.  
вирощування соняшнику на 80 гектарах

На внутрішньому ринку закупка соняшнику на сході України становила 12400 грн/т СРТ

Середня вартість органічного соняшника на експорт 1340 дол США/т

**Втрати господарства від неможливості експорту на 1т урожаю :**

$$1340 \text{ дол США/т} \times 36,57 \text{ грн/}\$1,-12400 \text{ грн} = 36603,8 \text{ грн /т}$$

Урожайність соняшника в господарстві : 2,4 т/га ; Посівні площі соняшника: 80 га

**Загальні втрати господарства від неможливості експорту :**

$$2,4 \text{ т/га} \times 36603,8 \text{ грн /т} \times 80 \text{ га} = 7\,027\,929,6 \text{ грн.}$$

**Загальні втрати суспільства від таких продуктів будуть менш помітними сьогодні,  
але значно більшими в майбутньому:**

**гострі алергічні реакції. онкозахворювання та інші.**

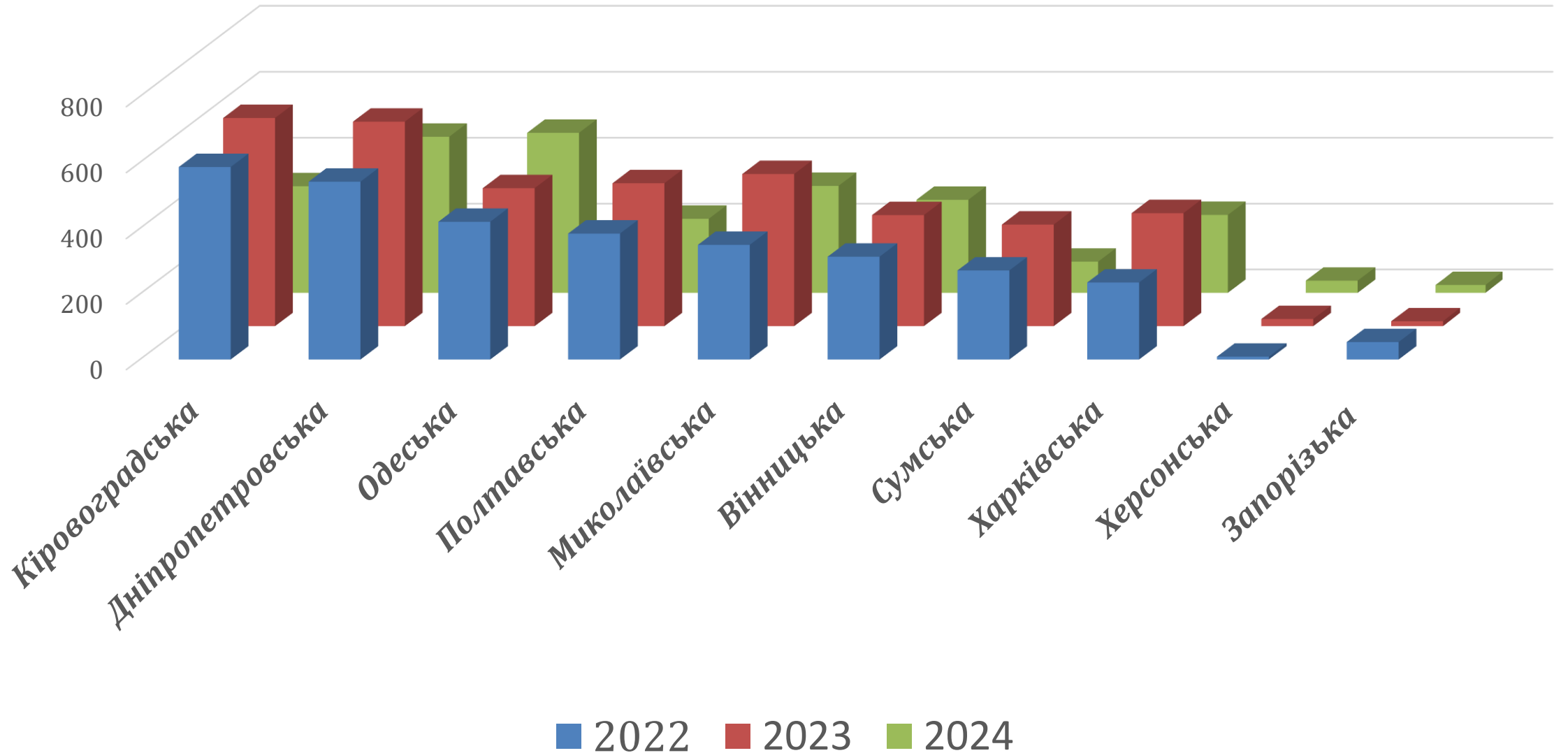
## На забруднених ґрунтах не варто висаджувати соняшник



- Соняшник має дуже потужну кореневу систему
  - поглинає велику кількість токсичних речовин
- токсичні речовини накопичуються спочатку в листках і стеблі,
  - потім концентруються у насінні
  - потрапляють в олію і споживачеві на стіл

- В Україні соняшник – одна із топових культур у сільському господарстві з вищою доданою вартістю у порівнянні з пшеницею.
- Україна є відчутним гравцем на міжнародному ринку олійних культур з великою часткою експорту.
- Найбільші посівні площі соняшника в Кіровоградській, Дніпропетровській, Одеській областях (в останніх двох постійні ракетні обстріли), а Миколаївська, Харківська, Херсонська області, де велися бойові дії та часті ракетні обстріли, виходять у 2023 році на довоєнні площі посівів соняшника.

# Посівні площі соняшника тис.га



# 115 хімічних речовин, дозволених в Україні, що потрапили під заборону в Європі

## 10 діючих речовин, які входять до складу найбільшої кількості препаратів в Україні, але при цьому є забороненими в ЄС:

ІМІДАКЛОПРИД 3 клас небезпеки для людини й 1 клас небезпеки для бджіл

ФЛУТРИАФОЛ 2 і 3 класи небезпеки для людини й 3 клас небезпеки для бджіл

КАРБЕНДАЗИМ 2 клас небезпеки для людини і 3 і 4 класи небезпеки для бджіл.

ТІАМЕТОКСАМ 2 і 3 класи небезпеки для людини та 1 клас небезпеки для бджіл.

ХЛОРПІРИФОС 2 клас небезпеки для людини, препарати на його основі відносяться до 2 і 3 класу

ЦИПРОКОНАЗОЛ 2 і 3 класи небезпеки для людини й 3 клас небезпеки для бджіл

АЛЬФА-ЦИПЕРМЕТРИН 2 і 3 класи небезпеки для людини й 1 і 2 класи небезпеки для бджіл.

АЦЕТОХЛОР Гербіцид, який належить до класу ацетамідів

ТИФЕНСУЛЬФУРОН-МЕТИЛ 2 і 3 класи небезпеки для людини й 3 і 4 класи небезпеки для бджіл.

№	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. Особливо 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 вилугування (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

Технології очищення ґрунту  
(за даними громадської  
організації «Екодія»  
<https://ecoaction.org.ua>).

Найбільш близький по ефективності та неагресивності впливу – метод фіторемедіації. Однак деякі шкідливі речовини можуть перебувати в ґрунті у недоступній для рослин формі, тому потрібно, щоб за допомогою біопрепаратів запустити процеси їх розкладання або перевести їх у доступну для рослини форму.



## Основні принципи, завдання і переваги технології прискореної біоремедіації ґрунтів

**6 місяців-біля 3-х років**

### ЗАВДАННЯ:

- Активізація аборигенних (місцевих) популяцій та оптимізація умов їхнього існування
- Прискорення деградації токсичних речовин за рахунок метаболічної діяльності мікроорганізмів
- Забезпечення високого вмісту корисних мікроорганізмів у потрібному місці у потрібний час
- Вилучення токсичних речовин за допомогою фіторемедіантів.

**250 -1000 долларів США/га у рік**

### ПРИНЦИПИ:

В основі технології – біопрепарати, створені на основі штамів мікроорганізмів, відповідають санітарним нормам та можуть бути реалізовані на території України.

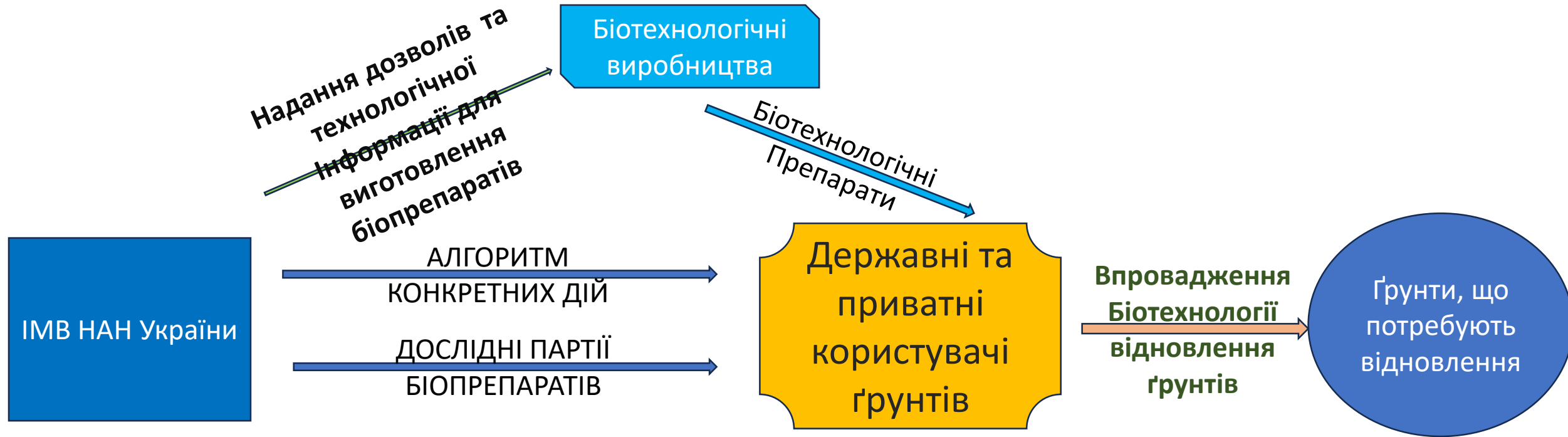
Метаболічна діяльність мікроорганізмів сприяє мінералізації, акумуляції, полімеризації токсичних речовин.

### Основна ПЕРЕВАГА технології придатна до масштабування:

- промислова придатність (в технології використовуються біопрепарати, а не просто штами мікроорганізмів чи їх комбінації);
- використовуються біопрепарати комплексної дії з оптимальною кількістю штамів мікроорганізмів, що є економічно доцільним та ефективним;
- сформована система моніторингу процесу на вході і на виході, є контрольні точки для перевірки та спрямування процесу біоремедіації ґрунту;
- не вимагає чіткого переліку речовин забруднювачів, лише в особливих випадках.



# Організаційна модель впровадження комплексної біотехнології відновлення ґрунтів.



## Окупність мікробної технології біоремедіації ґрунтів.

### Дані фермерського господарства:

Культура – соняшник;

Площа 100 га;

Прибуток у розрахунку на 1 га за 2023 рік: 8 268 грн.

Потенційний прибуток за 3 роки : 2 480 400 грн.

$8268 \text{ грн} \times 100 \text{ га} \times 3 \text{ роки} = 2\,480\,400 \text{ грн}$

### Приклад складного забруднення:

Термін біоремедіації 3 роки;

Вартість біоремедіації 1 га/рік : 30 000 грн

Площа 100 га;

Загальні витрати на біоремедіацію : 9 000 000 грн

$30000 \text{ грн} \times 100 \text{ га} \times 3 \text{ роки} = 9\,000\,000 \text{ грн}$

Час окупності витрат на біоремедіацію: 2,5 роки

$9\,000\,000 \text{ грн} / 2\,480\,400 \text{ грн} = 3,6 \text{ років}$

Приріст урожаю від біопрепаратів цієї технології : до 30%

$9\,000\,000 \text{ грн} / 2\,480\,400 \text{ грн} \times 30\% = 2,5 \text{ роки}$

Неотримані прибутки (2 480 400 грн) за 3 року можуть окупитися раніше за умови зростання урожайності до 30% від застосування біопрепаратів і становити біля 2-х років.

Повна окупність процесу біоремедіації в середньому складатиме 5 років із покращенням якості ґрунтів та самої продукції

## Відновлювати чи не відновлювати ?

**Повна окупність процесу біоремедіації в середньому складатиме 5 років із покращенням якості ґрунтів та самої продукції**

- ✓ покращення якості ґрунтів
- ✓ покращення якості самої продукції
- ✓ підвищення економічної ефективності та експортної спроможності

**Сценарій без проведення біоремедіації:**

- ✓ токсичні речовини повільно розкладаються (10 і більше років)
- ✓ похідні сполуки більш токсичні ніж первинні
- ✓ через 1-2 роки починається процес розпаду
- ✓ частина токсичних речовин потрапляє в рослини, як наслідок: сповільнюється їх ріст знижується урожайність і якість продукції

- ✓ низька врожайність
- ✓ продукція з токсинами
- ✓ неможливість експорту
- ✓ внутрішній ринок перенасичений неякісним товаром
- ✓ *економічні збитки напротязі 10-ліття, як мінімум*

## Можлива стратегія дій.

1. Проведення мікробіологічних і агрохімічних експрес-аналізів ґрунтів.
2. Створення бази даних стану ґрунтів.
3. Визначити пріоритетність відновлення ґрунтів за:
  - ✓ екологічними показниками
  - ✓ соціальними показниками
  - ✓ економічними показниками

- ✓ Формування бази методів і підходів до відновлення ґрунтів
- ✓ Формування бази організацій, здатних провести відновлення ґрунтів

1. Інформаційне наповнення бази з GPS – прив'язками
2. Створення гнучких інструментів (логічних фільтрів) для вибірки інформації, наприклад:
  - ✓ за видами забруднень
  - ✓ складністю ландшафтів
  - ✓ призначенням територій
  - ✓ необхідними об'ємами фінансування і т.д.

**Пошук та залучення фондів/грандодавців для фінансування**