

ТЕМА 4

ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ТА ПЕСТИЦИДАМИ

План

1. Забруднення ґрунтів важкими металами.
2. Токсична дія важких металів накопичених у ґрунті та способи її зниження
3. Періодичність контролю забруднення ґрунту важкими металами.
4. Моніторинг стану ґрунтів.
5. Забруднення ґрунтів пестицидами.
5. Вимоги щодо використання пестицидів і агрохімікатів.

1. Забруднення ґрунтів важкими металами.

Термін «важкі» застосовують для металів, питома вага яких перевищує 5 г/см^3 , або атомний номер більше 20, хоча існує й інше визначення, за яким до важких металів належить понад 40 хімічних елементів із атомною масою вище 50 ат. од.

Важкі метали присутні у ґрунті як природні домішки, а причини підвищення їхньої концентрацій пов'язані з діяльністю людини. Упродовж останніх десятиліть у зв'язку з бурхливим розвитком промисловості спостерігається значне зростання їхнього вмісту у біосфері, атмосфері та гідросфері, тому нині вони є одним із пріоритетних забруднювачів земельних ресурсів. В умовах інтенсивного антропогенного впливу надходження важких металів у агроєкосистему перевищує її захисні (буферні) властивості. Це призводить до зниження врожайності та якості продукції рослинництва, робить її небезпечною для людей і тварин.

Залежно від роду джерела і властивостей розрізняються два типи важких металів:

- 1) літогенні, тобто пов'язані з материнською породою;
- 2) антропогенні, тобто такі, що потрапляють до ґрунту внаслідок діяльності людини.

Забруднення важкими металами, в основному, має локальний характер. Найбільше забруднені території зустрічаються поблизу промислових центрів, великих виробництв, будови транспортних магістралей.

Потрапляючи у ґрунт, важкі метали постійно мігрують, переходячи в ту, чи іншу форму хімічних сполук. Їхня частина піддається гідролізу, інші можуть утворювати важкорозчинні сполуки та закріплюватися у ґрунтовому середовищі. У ґрунті важкі метали можуть знаходитися у трьох станах: *необмінному, обмінному, водорозчинному*. Причому в процесах акумуляції та трансформації металів приймають участь всі види вбирної здатності ґрунтів.

Рослини, як і всі живі організми, можуть протидіяти підвищенню концентрації важких металів лише до певної межі. А подальше збільшення їхньої концентрації веде до пригнічення і загибелі живих організмів. Наслідком накопичення важких металів у верхніх шарах ґрунту є збіднення видового складу рослин та мікроорганізмів і погіршення умов росту та розвитку культурних рослин.

Забруднення ґрунту є результатом господарської діяльності у минулому і

зараз.

Найчастіше ґрунт забруднюється сполуками металів та органічними речовинами, олівами, дьогтем, пестицидами, вибуховими й токсичними речовинами, радіоактивними, біологічно активними горючими матеріалами, азбестом та іншими шкідливими продуктами. Джерелом цих сполук найчастіше є промислові або побутові відходи, захороненні у визначених місцях, або ж несанкціонованих звалищах.

У Європі проблема несанкціонованих звалищ побутових та промислових відходів заслуговує на першочергову увагу. Витрати на подолання наслідків забруднення докільля у Європі становлять понад 10 млрд. євро.

Досить небезпечним є забруднення ґрунту важкими металами такими, як ртуть, кадмій, свинець, хром, мідь, цинк і миш'як (арсен).

Важкі метали присутні в ґрунті як природні домішки, але причини підвищення їх концентрацій пов'язані з:

- промисловістю (кольорова і чорна металургія, енергетика, хімічна промисловість),
- сільським господарством (зрошування забрудненою водою, застосуванням гербіцидів),
- спалюванням викопного палива та відходів,
- автотранспортом.

Забруднення сільськогосподарських земель важкими металами приводить до зменшення врожаю та підвищення їх вмісту в сільськогосподарській продукції.

Збільшення кількості важких металів на луках відбувається переважно у поверхневих (до 5 см) шарах ґрунту. Вони безпосередньо споживаються тваринами під час випасу.

Важкі метали є токсичними і перешкоджають активності мікрофлори ґрунту. Їх концентрація у ґрунті може зберігатися впродовж десятиліть і навіть століть.

Зменшення обсягів викидів важких металів – найбільш доступний спосіб обмежити їх вплив на ґрунти. Навіть якщо кількість автомобілів збільшується, то у випадку використання бензинів без шкідливих домішок), можна зменшити викиди свинцю.

У Центральній і Східній Європі промислові викиди сполук важких металів все ще залишаються значними.

Запровадження комплексних заходів, що обмежують підкислення ґрунту, можуть ефективно скоротити викиди важких металів. Кількість важких металів у ґрунті може бути зменшена шляхом використання добрив із низьким вмістом металів, заміни неорганічних пестицидів органічними продуктами, а також застосуванням інших методів.

Джерелом важких металів у ґрунтах є:

- а) материнська порода;
- б) атмосферні опади (пил, дощі);
- в) біологічний матеріал - органічні речовини.

Залежно від роду джерела і властивостей важких металів у ґрунті розрізняються два типи важких металів:

- 1) літогенні, тобто пов'язані з матеріалом материнської породи;
- 2) антропогенні, тобто такі, що потрапляють до ґрунту внаслідок діяльності

людини.

У другому випадку дуже суттєвими є адсорбційні властивості ґрунту. Вони зумовлені його специфічною будовою: в його складі міцели мінеральних або органічних колоїдів і ґрунтовий розчин. Міцели ґрунтових колоїдів звичайно мають від'ємний заряд, що полегшує обмінну адсорбцію осаждения іонів важких металів із ґрунтового розчину до дифузійного шару міцели. Адсорбційні властивості міцели залежать як від типу і будови колоїду, так і від природи катіону. Найбільша адсорбційна здатність, що окреслюється так званою адсорбційною ємністю (загальна кількість катіонів, яка на дифузійному шарі виражається в міліеквівалентах, м. е., на 100 г ґрунту), властива органічним колоїдам.

Залежно від вмісту органічної речовини в ґрунті, в ньому, внаслідок змін адсорбційної здатності, змінюється вміст важких металів, що його визнано за природний. Адсорбційні здатності катіону зростають разом із його валентністю і залежать від радіусу іону металу в безводному і у водному стані. Найбільш зв'язаними є катіони тривалентні, наприклад, Fe^{3+} , Al^{3+} , а найменш зв'язаними - одновалентні. Сила адсорбції катіонів однакової валентності зростає разом із збільшенням діаметру катіонів у водному стані.

На загальну адсорбційну ємність ґрунту впливають можливість обмінної адсорбції, що виникає з ізоморфного заміщення іонів, незалежно від рН, а також можливість додаткової адсорбції, що пов'язана з дисоціацією протонів активних груп. Останній із зазначених процесів значною мірою залежить від рН, тобто від кислотності ґрунту. Унаслідок зростаючої кислотності ґрунтів під впливом антропогенних процесів зростає участь кислотних ґрунтів із рН ґрунтового розчину нижче 4,65. У таких ґрунтів змінюються адсорбційні здатності, що призводить до зростання концентрації в ґрунтовому розчині деяких форм важких металів.

Катіони, адсорбовані до дифузійного шару колоїду, зазнають обміну з катіонами ґрунтового розчину. Легкість і швидкість обміну катіонів залежить від типу інших катіонів в адсорбційному комплексі, а також від типу аніонів, присутніх у ґрунтовому розчині. Більш легкого звільнення з адсорбційного комплексу зазнають катіони, що утворюють важко розчинні або леткі сполуки з аніонами, присутніми в ґрунтовому розчині. Отже, процеси адсорбції супроводжуються процесами осаждения - розчинення солей іонів важких металів і значно рідше - процесами окислення. Присутність іонів H^+ у ґрунтовому розчині зумовлює величину окислювально-відновного потенціалу ґрунту, величина якого визначає перебіг окислювально-відновної реакції іонів важких металів. Значна частина відновних реакцій у ґрунті протікає з участю мікроорганізмів.

Частина хелатів розчиняється у воді та, утворивши у цій формі комплекс із важкими металами, засвоюється рослинами через кореневу систему.

Під час реакцій іонів важких металів у ґрунтовому середовищі функцію специфічних каталізаторів виконують ґрунтові мікроорганізми. Вони є необхідними в специфічних реакціях творення металоорганічних сполук, наприклад, сполук ртуті або миш'яку (CH_3Hg^+ , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Hg}^+$, $(\text{CH}_3)_2\text{As}$). Метил - або загалом алкілртуть і алкіл-миш'як є достатньо стабільними сполуками, що відіграють суттєву роль в гідробіологічному циклі тих елементів.

Варто зауважити, що реакції алкілування (метилування) також протікають у мулі, де з огляду на зміну розчинності новоутвореної сполуки (алкільні сполуки добре розчиняються) зумовлюють нове проникнення іонів металів до водної маси. Отже, іони важких металів у ґрунті можуть виступати у вигляді як форм лабільних (активних, рухомих), так і форм нелабільних. Форми лабільні, рухомі складаються з іонів металів, що присутні в ґрунтовому розчині і обмінно адсорбовані ґрунтовими колоїдами.

На розподіл важких металів у ґрунті впливають наступні фактори:

1. *Гранулометричний склад ґрунту*. Спостерігається прямий зв'язок між ступенем дисперсності ґрунтових частинок і їхньою адсорбуючою властивістю. Підвищена дисперсність субстрату гальмує винесення атомів мікроелементів за межі ґрунтового профілю, сприяє їхньому накопиченню у ґрунті.

2. *Оксиди і гідроксиди*. Найбільший вплив на мобільність металів у ґрунті здійснюють оксиди і гідроксиди Fe, Al і Mn. Механізм сорбції являє собою ізоморфне заміщення іонів Fe і Mn на катіони металів. При цьому найбільша спорідненість гідроксидів Fe і Mn проявляється до аналогічних за розміром металів (Co^{2+} , Co^{3+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Ag^{+}).

3. *Реакція середовища*. Важкі метали, що потрапили у ґрунтовий розчин кислих ґрунтів, утворюють в основному розчинні органо-мінеральні комплекси.

4. *Карбонати*. Карбонати – це ті сполуки, які сильно знижують рухомість мікроелементів і, у тому числі, важких металів у ґрунтах. Механізм цієї дії обумовлений як сорбційними властивостями високодисперсних фракцій карбонатів, так і їхнім опосередкованим впливом, через регуляцію реакції середовища.

5. *Застосування добрив*. Систематичне застосування добрив певним чином впливає на вміст мікроелементів у ґрунті і їхнє накопичення у рослинах. Вплив цей різнобічний і складний: добрива змінюють рН ґрунтового розчину і таким чином впливають на ступінь розчинності сполук мікроелементів; вони певним чином впливають на інтенсивність і направленість обмінних реакцій, на процеси акумуляції; підвищуючи врожайність сільськогосподарських культур, сприяють їхньому росту та виносу мікроелементів з ґрунту; порушують баланс мікроелементів у ґрунті, часто в негативний бік.

6. *Органічна речовина ґрунту*. Органічна речовина є інактиватором важких металів у ґрунті: збільшує його буферність, сприяє зниженню токсичної дії металів і перешкоджає їхньому надходженню у рослини.

Процеси взаємодії органічної речовини ґрунту з іонами металів ідентифікуються як іоноутворення, адсорбція на поверхні, хелатування, реакції коагуляції і пептизації. Основними продуктами взаємодії є прості солі (гумати, фульвати) і хелатні сполуки.

7. *ґрунтова біота*. Багатьма авторами було показано, що вміст у ґрунті рухомої форми важких металів динамічний у часі. Причини змін можуть бути різні, однак у більшості випадків коливання пояснюються діяльністю ґрунтових мікроорганізмів і віковими змінами рослин, що впливають на інтенсивність поглинання хімічних елементів. На мікробіологічну діяльність великий вплив здійснює волога ґрунту, яка тісно пов'язана з погодними умовами і тому не може мати певного ритму. Динаміка рухомих форм важких металів може бути

значною: максимальні величини можуть переважати мінімальні у 5 разів і більше.

8. *Тип ґрунту.* За здатністю міцно фіксувати важкі метали і швидкістю процесу трансформації, що вивчені Н. Г. Зиріним зі співавторами (1985) ґрунти розташовуються у такий ряд: чорнозем типовий > дерново-підзолистий окультурений > дерново-підзолистий неокультурений.

9. *Міграція за профілем ґрунту.* Важкі метали, що потрапили у ґрунт, перш за все їхня мобільна форма, підлягають різним трансформаціям. Один з основних процесів, що впливають на їхню частку у ґрунті є закріплення гумусом. Міграційні можливості при цьому в основному знижуються. Саме цим пояснюється їхній підвищений вміст у верхньому найбільш гумусованому шарі ґрунту.

Глибина проникнення важких металів у забруднених ґрунтах звичайно не перевищує 20 см, проте при сильному забрудненні вони здатні проникати і на глибину до 160 см. Найбільшою міграційною здатністю характеризуються Hg і Zn, які, як правило, рівномірно розподіляються у шарі ґрунту на глибині 0-20 см. Pb частіше накопичується у поверхневому шарі (0-2,5 см), Cd займає проміжне положення між ними.

10. *Особливості металу.* Встановлено, що метали-забруднювачі мають неоднакову здатність до адсорбції, від чого їхня токсичність для рослин при однаковому забрудненні може бути різною. Так, при однакових умовах іон купруму адсорбується у більшій кількості, ніж іон кадмію. Цинк утримується ґрунтами більш міцно, ніж кадмій, тому що найбільша його кількість зв'язана з оксидами заліза. Кадмій, в основному, знаходиться в обмінній формі, а з оксидами заліза зв'язана лише невелика його кількість.

11. *Форми знаходження важких металів у ґрунті.* ВМ в ґрунтах присутні в різних формах: в ґрунтовому розчині – у формі вільних катіонів і асоціатів з компонентами розчину; у твердій частині ґрунтової маси – у формі обмінних катіонів і їхніх заряджених комплексних сполук, адсорбованих на поверхні ґрунтових часточок; у вигляді ізоморфних домішок у структурах глинистих мінералів; гелів заліза, алюмінію і марганцю, а також у формі власних мінералів і стійких осадів малорозчинних солей.

2. Токсична дія важких металів накопичених у ґрунті та способи її зниження

Для зменшення шкідливої дії важких металів вводять відповідні норми їхнього вмісту:

1. ГДК валового вмісту важких металів в орному шарі ґрунту та рослинній масі;
2. ГДК рухомих форм важких металів у ґрунті, мг/кг;
3. Кларк важких металів у ґрунті, мг/кг.

ГДК важких металів – це така їхня концентрація, яка при тривалому впливі на ґрунт і рослини, що ростуть на ньому, не викликає яких-небудь патологічних змін чи аномалій біологічних процесів, а також не призводить до накопичення токсичних елементів у сільськогосподарських культурах і, відповідно, не може порушувати біологічний оптимум для сільськогосподарських тварин і людини

(табл. 1).

Кларк – це середній вміст важкого металу у ґрунті, мг/кг. Він вважається токсичним, якщо вирощувані сільськогосподарські культури знижують врожайність на 5-10% і більше.

Таблиця 1

ГДК важких металів, мг/кг

Елемент	ГДК валових форм		ГДК рухомих форм Кисіль В.І., 1997 (ацетатно-амонійний буфер, рН 4,8)	ГДК валового вмісту в рослинній продукції, мг/кг сух. реч. (Кисіль В.І.)
	Мінсєв, 1990	Черних, Ладинін, 1995		
Cu	100	100	3	5
Ni		50	4	-
Co		50	5	-
Zn	300	300	23	10
Cd	5	3	0,7	0.003
Pb	100	32	2	0.5
Cr	100	100	6	0.3

В Україні передбачений наступний розподіл земель за вмістом важких металів для ведення сільськогосподарського виробництва:

- землі придатні для сільськогосподарського виробництва без обмежень;
- землі придатні, але за умови проведення заходів щодо зменшення надходження важких металів до продукції;
- непридатні, зі зміною напрямку використання.

Н. А. Макаренко вказує на те, що валовий вміст важких металів доцільно використовувати для загальної характеристики стану ґрунтів і їхньої потенційної небезпечності. Лише вміст рухомих форм буде зумовлювати рівень їхньої токсичності. Метали саме у рухомих сполуках негативно впливають на ґрунтовий біоценоз, що неодноразово було доведено вітчизняними і зарубіжними спеціалістами. Існування зворотного зв'язку між вмістом важких металів у ґрунті і врожаєм враховується, наприклад, румунськими дослідниками при класифікації ступеня забруднення ґрунтів (Rauta, Carstea. 1986), *табл. 2.*

Таблиця 2

Взаємозв'язок між вмістом важких металів та урожайністю

Ступінь забруднення ґрунту	Зниження врожаю і(чи)його якості, %
Практично незабруднені	<5
Злегка забруднені	6-10
Середньо забруднені	11-25
Сильно забруднені	26-50

Дуже сильно забруднені	51-75
Надлишкове забруднення	> 75

Слід зазначити, що згідно з багатьма дослідженнями пороговим слід вважати зниження урожаю на 15-20%, оскільки при цьому відбувається накопичення важких металів у частинах рослин, що вживаються у їжу, вище ГДК.

Класифікацію ґрунтів за ступенем забруднення важких металів проводять за ГДК та за фоновим вмістом у ґрунті. За ступенем забруднення ґрунти поділяють на сильнозабруднені, середньозабруднені, слабкозабруднені.

До сильнозабруднених належать ґрунти, в яких вміст важких металів у декілька разів перевищує ГДК і які мають внаслідок забруднення низьку біологічну активність та продуктивність, зазнали істотних змін фізико-хімічних та біологічних характеристик. Вміст важких металів на цих ґрунтах зазвичай у рослинній продукції перевищує встановлені норми. До середньо забруднених належать ґрунти, у яких встановлено перевищення ГДК без видимих змін властивостей, до слабкозабруднених – вміст важких металів у яких не перевищує ГДК, але вищий від природного фону.

Показником градації ґрунтів за ступенем забруднення може бути прийнято і кратність підвищення середнього вмісту металів у ґрунтах, виражену у вигляді коефіцієнта накопичення (КН) металів. Незабруднені ґрунти характеризуються значенням 1-2 КН. Виділено такі групи ґрунтів за ступенем забруднення: слабо (до 10 КН), середньо (10-30 КН), сильно (30-60 КН) і дуже сильно (більш як 60 КН) забруднені. Керуючись гігієнічним принципом оцінки забруднення ґрунтів, можна прийняти, що ГДК важких металів у ґрунтах перебуває в межах градації сильного ступеня забруднення ґрунтів [89].

Оскільки ґрунти досить часто є забрудненими одночасно декількома елементами, то для них розраховують сумарний показник забрудненості, який відображає комплексний ефект впливу всієї групи елементів:

$$Z_c = \left(\sum_{i=1}^n K_{C_i} \right) - (n-1)$$

де: Z_c – сумарний показник забрудненості ґрунтів; K_{C_i} – коефіцієнт концентрації i -того хімічного елементу у пробі ґрунту; n – кількість врахованих хімічних елементів.

Коефіцієнт концентрації визначається за формулами:

$$K_c = C / C_{\phi}; \quad \text{або} \quad K_c = C / \text{ГДК},$$

де: C – реальний вміст визначеного хімічного елементу в ґрунті, мг/кг; C_{ϕ} – фоновий вміст визначеного хімічного елементу в ґрунті, мг/кг; ГДК – гранично допустима концентрація забрудненої речовини, мг/кг.

Сумарний показник забрудненості може бути визначений як для всіх елементів однієї проби, так і для ділянки території за геохімічною вибіркою.

Оцінка небезпечності забруднення ґрунтів комплексом хімічних елементів за показником Z_c виконується за оціночною шкалою, градація якої розроблена на підставі вивчення стану здоров'я населення, яке мешкає на

територіях з різними рівнями забрудненості ґрунтів (табл. 3).

Таблиця 3.

Орієнтовна оціночна шкала небезпечності забруднення ґрунтів за сумарним показником Z_c

Категорія забрудненні ґрунту	Z_c	Зміна показників якості здоров'я мешканців у зонах забруднення ґрунтів
Допустима	≤ 16	Найнижчий рівень захворюваності дітей та мінімум функціональних відхилень у дорослого населення
Помірно небезпечна	16-32	Підвищення загального рівня захворюваності
Небезпечна	32-128	Підвищення загального рівня захворюваності, кількості часто хворіючих дітей, дітей з хронічними захворюваннями, порушення функціонування серцево-судинної системи.
Дуже небезпечна	>128	Підвищення захворюваності дітей, порушення репродуктивної функції у жінок (збільшення випадків токсикозу при вагітності, передчасних пологів, мертвонароджених, гіпотрофія немовлят).

Забруднення ґрунтів такими високотоксичними елементами як свинець, кадмій, цинк, мідь, з перевищенням гранично допустимих концентрацій, у зонах природних геохімічних аномалій (Карпати, Крим) та забруднення на земельних ділянках, які раніше були заняті під садами, виноградниками та ягідниками. Щодо забруднення важкими металами рослинної продукції, то випадки перевищення максимально допустимих рівнів зустрічаються практично лише щодо кадмію у соняшнику та продуктах його переробки, що обумовлено природною властивістю цієї культури до накопичення калію, цезію та кадмію.

Токсична дія деяких важких металів

Цинк. *Ґрунт:* кларк цинку в земній корі $7 \cdot 10^{-3}\%$. Існує 72 цинкових мінерали (мінеральних видів). Вміст його у ґрунтах залежить від материнської породи, вмісту органічної речовини, реакції ґрунтового розчину. Вміст валового Zn у ґрунтах змінюється від 5,5 до 132,5 мг/кг. Ґрунти України бідні на рухомі форми Zn і містять від слідів до 0,30 мг/кг сухого ґрунту. Zn і Cd тісно пов'язані: чим більше у ґрунті Zn, тим більше у ньому Cd. Відношення Zn до Cd становить близько 1000:1 (А. П. Виноградов, 1950). У гумусовому шарі вміст Zn підвищується. За даними наукових установ, цинкові добрива треба вносити в ґрунт тоді, коли вміст у ньому рухомої форми в орному шарі менше 0,3 мг/кг (П. А. Власюк, 1964). У зв'язку з можливою шкідливою дією надлишків Zn на живі організми встановлено його ГДК, яке становить 300 мг/кг у ґрунті для валових форм і 23 мг/кг – для рухомих форм цинку.

Рослини: вміст Zn в рослинах коливається від 15 до 22 мг на 1 кг сухої речовини, винос з урожаєм різних культур від 75 до 188 г на 1 га (М. В. Каталимов, 1960), за іншими джерелами (Б. Ф. Федюшкін, 1989) від 1200 до 2100 г/га. На думку Р.Брукса (Brooks, 1983), його середній вміст у рослинах 50 мкг/г сухої речовини. Zn має слабку фітотоксичність, що проявляється тільки при збільшенні його вмісту у ґрунті. Ознаки фітотоксичності проявляються при концентрації у тканинах 300-500 мг/кг сухої речовини. Zn входить до складу ферментів, бере участь у білковому, вуглеводневому, фосфорному обміні речовин, у біосинтезі вітамінів та росткових речовин. ГДК для цинку становить 200-400 мг/кг сухої маси рослин.

Тварини і людина: цинк, як і інші мікроелементи, надходить у тваринний організм з кормами. Він активізує гормони статеві, передньої частини гіпофізу і підшлункової залози. Цинк входить до складу гормону підшлункової залози інсуліну, регулюючи при цьому вуглеводневий обмін; статевих гормонів, активізуючи тестостерон, фолікулін, пролін; відіграє важливу роль у процесах запліднення і відтворення. Його тісний зв'язок з гормонами, ферментами і вітамінами зумовлює регулюючий вплив на репродуктивну функцію, обмін вуглеводів, білків, жирів, систему кровотворення, ріст і розвиток організму тварин. Цинк виявлений у складі ферментів дегідрогенази, пептидази, трансфосфорилази, карбоксипептидази, карбоангідрази, уреазі. Ці ферменти беруть участь в обміні білків і вуглеводів. Цинк каталізує ферменти аргіназу, дегіропептидазу, енолазу та ін. Отже, він бере участь у процесах клітинного дихання та окислення вуглеводів.

Цинк є необхідним для утворення і дозрівання сперматозоїдів. При надлишковому надходженні до організму людей і тварин токсично діє на серце, кров та інші органи, виявляє канцерогенну дію. Засвоєння тваринами цинку з різних кормів неоднакове. Наприклад, цинк кукурудзи засвоюється в кількості 52%, пшениці – 60%, гороху, ячменю, вівсу і бобів – 66-68%, люпину – 80% від прийнятого (табл. 4–7).

Таблиця 4

Допустимий вміст у рослинному матеріалі й винос елементів із врожаєм

Елемент	Допустимий вміст, мг/кг сухої речовини	Винос із врожаєм, г/га	Елемент	Допустимий вміст, мг/кг сухої речовини	Винос із врожаєм, г/га
Берилій	0,1	0,5-1,0	Фтор	0,4-3,0	10-30
Бром	-	50-150	Нікель	0,1-5,0	1-80
Кадмій	0,015-0,5	0,3-8,0	Свинець	0,06	1-5
Миш'як	0,1-1,0	1,0-50,0	Сурма	2-20	20-200
Хром	0,2-1,0	1,0-10,0	Селен	0,2-2,0	1-15
Ртуть	0,05-0,10	0,2-1,5	Олово	0,8-6,0	5-50

Таблиця 5.

**Природний та допустимий вміст важких металів у ґрунті (мг/кг) і
рослинному матеріалі, мг/кг сухої речовини**

Вміст	Свинець		Хром		Ртуть	
	ґрунт	рослина	ґрунт	рослина	ґрунт	рослина
Максимальний	60,2	20,6	0,32	2,40	0,25	0,07
Мінімальний	5,5	1,6	0,14	1,20	0,03	0,007
Допустимий	21,5	6,8	0,24	1,55	0,11	0,041

Таблиця 6

Кларки і МДР важких металів у ґрунтах (за Н.А. Черних, В.Ф. Ладоніним)

Елемент	Кларк, мг/кг	МДР, мг/кг
Свинець	10	32
Стронцій	300	1000
Ртуть	0,02	2
Кадмій	0,5	3
Хром	75	100
Ванадій	100	-
Марганець	850	1400
Кобальт	8	50
Нікель	40	50
Мідь	20	100
Цинк	50	300
Селен	0,01	10

Таблиця 7

**Регіональні кларки важких металів для ґрунтів України, мг/кг
(за А.І. Фатєєвим)**

Ґрунтово-кліматична зона	Елемент									
	Pb	Zn	Mn	Cu	Co	Mo	Sr	Cr	V	Ni
Полісся	11,4* 6- 25**	42 8-96	395 75- 1400	8 1,4- 20	10 2,5- 20	2,4 1,5- 5,0	118 80- 520	39 20- 67	16 8-29	12 9-20
Лісостеп	10 10- 10	52 20- 90	735 240- 3000	20 10- 48	17 8-40	2,8 0,9- 6,3	119 52- 250	51 18- 100	52 16- 201	26 10- 80
Степ	13 10- 15	62 33- 100	670 200- 1600	27 10- 64	16 8-27	3,8 2,9- 5,6	142 100- 220	85 40- 150	68 42- 130	25 19- 40
Крим: степові	10 10- 10	69 40- 190	845 520- 1100	31 12- 47	24 10- 30	1,8 2,0- 3,8	112 30- 300	96 40- 156	119 33- 120	53 10- 47

гірські	- 10	60 45- 70	933 500- 1267	83 55- 125	27 23- 32	1,1 0,5- 1,7	- -	- 130	253 148- 267	53 43- 63
Карпати: передгір'я	- 23- 168	84 45- 237	676 150- 1575	23 5-76	17 5-32	- 0,4- 0,3	- 138- 145	90 30- 282	106 49- 302	39 8- 110
гірські	61 -	50 45- 70	924 500- 1500	25 20- 40	21 15- 40	- -	- 126- 145	140 100- 160	71 46- 90	31 25- 40

*- середній вміст;

** - діапазон коливань.

Свинець. *Грунт:* кларк Pb в літосфері – $1,6 \cdot 10^{-3}\%$, 16 мг/кг. У ґрунті кількість його коливається від $0,37 \cdot 10^{-3}$ до $4,33 \cdot 10^{-3}\%$. Розроблені ГДК значно відрізняються один від одного. За одними даними, ГДК валових форм Pb в ґрунті становить 100 мг/кг, за іншими – 15-20 мг/кг; 32 мг/кг. ГДК його рухомих форм у ґрунті становить 2 мг/кг.

Рослини. Свинець має невисоку фітотоксичність: наявність у рослинах системи інактивації елементів, що проникають у кореневу систему, затримує основну його частину у коренях рослин. Дуже високі концентрації Pb можуть суттєво пригнічувати ріст рослин і викликати хлороз, що обумовлений порушенням надходження Fe.

Звичайний вміст Pb в сільськогосподарських культурах, що використовуються у їжу – 1-5 мг/кг сухої речовини ГДК Pb овочевих і зернових культур становить 0,3 мг/кг, але є і більш високі показники (до 10 мг/кг сухої маси). Допустима концентрація у кормах – до 10 мг/кг.

Тварини і людина. Отруєння тварин свинцем трапляється у місцевостях, де трава містить свинцю до 150 мг і більше в 1 кг сухої речовини [2].

Кадмій. *Грунт:* кларк Cd у літосфері $1,3 \cdot 10^{-5}\%$ або 0,13 мг/кг. В ландшафті він є рідким розсіяним елементом. ГДК Cd у воді 10 мг в 1 л. Для ґрунтів Франції встановлено ГДК 3 мг на 1 кг ґрунту, в нашій країні – 3 мг/кг для валових форм і 0,7 мг/кг – для рухомих. Більш інтенсивно надходить Cd у рослини на кислих ґрунтах і значно менше на нейтральних і лужних, тому для зниження його надходження велику роль відіграє вапнування.

Токсичний вплив на рослини. Цей елемент, маючи надзвичайно високу токсичність, легко пересувається у ґрунтах, швидко засвоюється і накопичується у рослинах. Внаслідок значної акумуляції у них кадмію спостерігається почервоніння і хлороз листків, стебел, черешків. Негативний вплив на тварин виявляється не відразу після поїдання забрудненого корму, а лише через деякий час.

Фітотоксичність Cd пояснюється його подібністю за хімічними властивостями до Zn. Він може заміщувати Zn у багатьох біохімічних процесах, порушуючи роботу ферментів, що призводить до цинкової недостатності і, як наслідок, пригнічення росту рослини та її гибелі.

Токсичний вплив на тварин і людину. Цей метал здатен заміщувати цинк в ензиматичних системах, необхідних для формування кісткової тканини, що

супроводжується важкими захворюваннями, які вражають кісткову систему.

Кадмій знижує здатність організму протистояти хворобам. Він має мутагенні і канцерогенні властивості, негативно впливає на спадковість, а також руйнує еритроцити крові, сприяє захворюванням нирок і сім'яних залоз, викликає гастрит і анемію (В. Г. Мінєєв та ін., 1981).

Для людини допустима доза Cd становить 70 м/кг на добу для дорослих і повністю виключає його присутність у питній воді та їжі для дітей [2].

Способи детоксикації накопичених у ґрунті важких металів

Серед заходів детоксикації надлишку важких металів у ґрунті можна виділити наступні:

1. *Вапнування ґрунту.* Встановлено, що при рН 6,5 спостерігається найменша розчинність важких металів. У дослідах, проведених Карповою і Потатуєвою, встановлено, що вапно значно знижує надходження кадмію в рослини. Також у літературі часто відмічається переважно антагонізм між Ca і важкими металами.

2. *Застосування гною, торфу, органо-мінеральних компонентів* дозволяє використовувати властивість багатьох органічних сполук до комплексоутворення з важкими металами. Утворені металоорганічні комплекси є або малорухомими, або неспроможними до подолання клітинних мембран у системі «ґрунт-корінь».

3. Значну здатність до детоксикації важкими металами мають *фосфорні добрива*. Фосфати Pb, Zn та інших металів являють собою важкорозчинні сполуки, малодоступні для рослин. Внесення 3 т/га однозаміщеного фосфату кальцію у ґрунти за ефектом детоксикації Pb (враховувався вміст Pb в рослинах) відповідало внесенню від 1 до 4 т CaCO₃/га (Lagerwerff, 1972). Для зниження витрат на суперфосфат доцільно використовувати фосфоритне борошно. Тому фосфоритування кислих ґрунтів з метою інактивації надлишкових ВМ розглядається як один з важливих заходів охорони здоров'я людини і тварин (Минєєв, 1988).

4. Для детоксикації надлишку важких металів в ґрунті, можна використовувати і *цеоліти* як природного, так і штучного походження. Слід зазначити, що це відноситься до металів, що знаходяться в ґрунтовому розчині у вигляді катіонів. Міграція у рослини аніонної форми металів від присутності цеолітів не знижується (Єліщєвта ін., 1987).

При застосуванні різних видів цеоліту в кислих ґрунтах, забруднених свинцем, вдавалося знизити вміст цього металу на 30%. Разом з тим у деяких ґрунтах ефект від присутності цеоліту виявився незначним (Orowiak et al., 1985).

5. *Використання протилежно направлених взаємодій.* Як відомо з агрохімії, при поглинанні рослинами з ґрунту хімічних елементів виникають протилежно направлені взаємодії: синергічні, коли присутність одного елемента сприяє надходженню в корені іншого, і антагоністичні – протидіє його надходженню. Зокрема, було вказано на антагонізм між Hg та Zn і допускалася можливість використання цинку, в даному випадку як значно менш токсичного, для обмеження надходження ртуті у харчові ланцюги (Agerwerff, 1972).

6. Використання біологічних заходів. До них відноситься вирощування толерантних сільськогосподарських культур, або використання забруднених земельних ресурсів для вирощування технічних і лісових культур та розведення квітів.

7. Створення нового орного горизонту як за рахунок плантажної оранки, що забезпечує захоронення шару на глибині 40-50 см і вивертання на поверхню підорного незабрудненого, так і шляхом створення насипної товщі за рахунок ґрунту, привезеного з незабрудненої території. Можливе також видалення токсичного шару і розміщення на його місці нормального ґрунту.

3. Періодичність контролю забруднення ґрунту важкими металами

Періодичність контролю забруднення ґрунту важкими металами залежить від:

- цільового використання сільськогосподарських угідь, зокрема виділення спеціальних сировинних зон для виробництва продуктів дитячого та дієтичного харчування, вирощування овочевих культур, упровадження органічних та альтернативних систем рільництва і земель оздоровчого призначення;

- визначення рівня інтенсивності забруднення (біля об'єктів промисловості, автошляхів, промислово-міських конгломерацій, звалищ, полів очищення міських комунальних вод).

Обстежуючи території, які не належать до спеціальних сировинних зон та зон локального забруднення, тобто на всіх інших землях сільськогосподарського призначення, контроль за вмістом валових форм важких металів у ґрунтах доцільно проводити з періодичністю один раз на 10 років, рухомих форм - один раз на 5 років. Під час обстеження сировинних зон для виробництва продуктів дитячого та дієтичного харчування контроль за вмістом рухомих форм проводять не рідше одного разу на 3 роки.

Вибір пріоритетних металів, вміст яких слід контролювати базується на таких факторах:

рівень токсичності металу, яка характеризується величиною ГДК;

фізико-хімічні властивості металу, які визначають його поведінку в ґрунтах, міграцію у природні води та рослини;

співвідношення між регіональними фоновим вмістом металу в ґрунті й надходженням його в ґрунт за рахунок антропогенної діяльності.

За визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я, свинець, ртуть і кадмій є найнебезпечнішими важкими металами, представляючи «страшну трійцю» у природному середовищі. В останні роки виявилася висока токсичність берилію, миш'яку, селену, сурми, талію, нікелю, олова, ванадію, які відносяться до біологічно активних. Відповідно до державних стандартів токсичні хімічні елементи розділені за класами гігієнічної небезпеки. За класами вони такі:

I клас: миш'як (As), берилій (Be), ртуть (Hg), селен (Sn), кадмій (Cd), свинець (Pb), цинк (Zn), фтор (F);

II клас: хром (Cr), кобальт (Co), бор (B), молібден (Mn), нікель (Ni), мідь (Cu), сурма (Sb);

III клас: барій (Ba), ванадій (V), вольфрам (W), марганець (Mn), стронцій (Sr).

У першу чергу контролюють вміст у ґрунті ВМ I класу небезпечності, у

другу - за вмістом важких металів II клас небезпечності, у третю чергу - III клас.

Класифікацію ґрунтів за ступенем забруднення важких металів проводять за ГДК та за фоновим вмістом у ґрунті. За ступенем забруднення ґрунти поділяють на сильнозабруднені, середньозабруднені, слабкозабруднені.

Оцінюючи ступені забруднення ґрунтів ВМ користуються даними щодо граничнодопустимих концентрацій та їх фонового вмісту в ґрунтах основних природно-кліматичних зон України. До сильно забруднених належать ґрунти в яких вміст важких металів у декілька разів перевищує ГДК і які мають внаслідок забруднення низьку біологічну активність та продуктивність, зазнали істотних змін фізико-хімічних та біологічних характеристик. Вміст важких металів на цих ґрунтах зазвичай у рослинній продукції перевищує встановлені норми. До середньо забруднених належать ґрунти, у яких установлено перевищення ГДК без видимих змін властивостей, до слабко забруднених - вміст важких металів у яких не перевищує ГДК, але вищий від природного фону.

Отже, під час оцінки ступеня забруднення важкими металами використовують дані щодо ГДК та їх фонового вмісту в ґрунтах основних природно-кліматичних зон України. У разі виявлення в ґрунті підвищеного вмісту декількох металів забруднення оцінюють за металом, вміст якого найбільше перевищує нормативи.

Вміст важких металів у ґрунт на землях сільськогосподарського призначення контролює Державний технологічний центр охорони родючості ґрунтів Міністерства аграрної політики України. Наслідки забруднення ґрунту.

Забруднення ґрунту промисловими об'єктами несе в собі серйозну потенційну загрозу для здоров'я людини, екосистем та економіки в цілому. Наслідки поки не зовсім чітко виявлені через наявність великої кількості небезпечних сполук та їх різного вмісту в ґрунті.

Наслідки можуть бути такими:

- надходження небезпечних речовин у ґрунт, поверхневі та ґрунтові води;
- поглинання забруднювальних сполук рослинами;
- прямий контакт людей із забрудненим ґрунтом;
- вдихання часток пилу або летких речовин;
- пожежа або виділення газів на звалищах побутових та промислових відходів;
- корозія труб та інших елементів підземних комунікацій;
- утворення шкідливих вторинних відходів;
- конфлікти при обробці та використанні землі.

4. Моніторинг стану ґрунтів.

Державна гідрометеорологічна служба (МНС) здійснює моніторинг забруднення ґрунтів сільськогосподарських земель пестицидами та важкими металами у населених пунктах. Проби відбираються раз у п'ять років, проби на важкі метали у містах Костянтинівка та Маріуполь відбираються щороку.

Державна екологічна інспекція (Мінприроди) здійснює відбір проб на промислових майданчиках в межах країни. Загальна кількість параметрів, що вимірюються – 27.

Установи МОЗ здійснюють моніторинг стану ґрунтів на територіях їх

можливого негативного впливу на здоров'я населення. Найбільше охоплені території вирощення сільськогосподарської продукції, території в місцях застосування пестицидів, ґрунти в зоні житлових масивів, дитячих майданчиків та закладів. Досліджуються проби ґрунту в місцях зберігання токсичних відходів на території підприємств та поза територією підприємств у місцях їх складування або захоронення.

Мінагрополітики здійснює спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання. Здійснюються радіологічні, агрохімічні та токсикологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів.

5. Забруднення ґрунтів пестицидами.

Ґрунт — самостійне природно-історичне орґано-мінеральне тіло, що виникло у поверхневому шарі літосфери Землі в результаті тривалого впливу біотичних, абіотичних і антропогенних факторів, має специфічні генетико-морфологічні ознаки і властивості, що створюють для росту і розвитку рослин відповідні умови.

Поверхневі шари ґрунтів легко забруднюються. Великі концентрації в ґрунті різних хімічних сполук — токсикантів згубно впливають на життєдіяльність ґрунтових організмів. При цьому втрачається здатність ґрунту до самоочищення від хвороботворних та інших небажаних мікроорґанізмів, що здатні викликати важкі наслідки для людини, рослинного і тваринного світу. Наприклад, у надто забруднених ґрунтах збудники тифу і паратифу можуть зберігатися півтора року, тоді як у незабруднених — лише на протязі двох-трьох діб.

Щорічно на поля планети вносять близько 400 млн т мінеральних добрив, понад 2 млн т хімічних засобів боротьби зі шкідливими організмами. Циркуляція токсичних речовин, що надходять із засобами хімізації у ґрунт, воду, атмосферу, трофічні ланцюги призводить до забруднення біосфери та погіршення її якості. Надмірне використання мінеральних добрив, пестицидів та інших хімічних препаратів разом з промисловим забрудненням ще більше ускладнює екологічну ситуацію в Україні, знижує відтворювальну здатність біосфери та екологічну стійкість агроландшафтів. Дослідження ступеня забруднення сільгоспугідь та продукції сільського господарства органічними полютантами, пестицидами, важкими металами, визначення джерел забруднення, прогноз їх небезпеки, діяльність з метою попередження забруднення агроландшафтів є завданням екотоксикологічного моніторингу.

За сучасних соціально-економічних умов України актуальності набула проблема застосування пестицидів в агротехнологіях та дослідження наслідків їх впливу на екосистеми і стан здоров'я людей.

Основні забруднювачі ґрунту – пестициди.

До основних забруднювачів ґрунту можна віднести:

- 1) пестициди (отрутохімікати);
- 2) мінеральні добрива;
- 3) відходи виробництва;
- 4) газодимові викиди забруднюючих речовин в атмосферу;

5) нафта і нафтопродукти.

Пестициди - токсичні речовини, їх сполуки або суміші речовин хімічного чи біологічного походження, призначені для знищення, регуляції та припинення розвитку шкідливих організмів, внаслідок діяльності яких вражаються рослини, тварини, люди і завдається шкоди матеріальним цінностям, а також гризунів, бур'янів, деревної, чагарникової рослинності.

Найнебезпечнішими вважаються пестициди, зроблені з рослин, типу інсектициду піретруму. Пестициди викликають багато проблем, пов'язаних із забрудненням, оскільки при розпиленні можуть потрапляти на навколишню територію, на людей і накопичуватися в ґрунті і рослинах.

Розповсюдження пестицидів у навколишньому середовищі відбувається як фізичним, так і біологічним шляхом. Перший спосіб – розсіювання з допомогою вітру в атмосфері та поширення через водотоки. Другий – перенесення живими організмами по шляху харчування. Із просуванням організмів до вищих ланок харчового ланцюга концентрації шкідливих речовин зростають, нагромаджуючись у внутрішніх органах, переважно в печінці та нирках.

Використання пестицидів обумовлено необхідністю збереження врожаю сільськогосподарських культур, тому їх вносять в агроценози, і таким чином пестициди безперервно циркулюють в навколишньому середовищі. Циркуляція пестицидів обумовлена їх фізико-хімічними властивостями і умовами середовища, в яке вони потрапляють. Небезпеку несуть не тільки діючі речовини препаратів, але і продукти їх метаболізму. При багаторазовому внесенні стійких пестицидів ґрунт може стати джерелом забруднення продукції рослинництва.

Використання пестицидів.

Застосування пестицидів може призводити до таких негативних наслідків:

- зменшення біологічної продуктивності;
- порушення функціонування ґрунтових мікробіоценозів;
- накопичення залишків пестицидів і їх похідних у поверхневих водних джерелах та ґрунтових водах;
- перешкоджати відновленню родючості;
- зменшення харчової цінності сільськогосподарської продукції тощо.

Інтенсивність шкідливого впливу залежить від технології застосування пестицидів, способів обробки ґрунту або рослин. В ґрунті відбувається ряд процесів, що зменшують вміст у ньому агрохімікатів. Це біохімічне руйнування препаратів, перехід у рослину, випаровування в атмосферу, винос поверхневим і внутрішньо ґрунтовим стоком, фотохімічне руйнування, поглинання і трансформація ґрунтовими організмами. Сукупність цих процесів визначає стабільність агрохімікатів у ґрунті. Пестициди адсорбуються частинками ґрунту та гумусу, накопичуються в ґрунтових організмах, руйнуються хімічним чи біологічним шляхом, просочуються до рівня ґрунтових вод.

Висока стійкість пестицидів до розпаду є важливою передумовою їхньої міграції за профілем ґрунту, а також у суміжні середовища (рослини, повітря, воду), що становить небезпеку для природних біогеоценозів і, відповідно, існування людини. Тому екологічно важливо оцінити сучасний стан забруднення ґрунту залишками пестицидів. Пестициди, що потрапили на поверхню ґрунту, можуть вимиватися в більш глибокі горизонти й ґрунтові води, надходити у

водойми з поверхневим стоком, у друге з'являтися на поверхні ґрунту при капілярному піднятті ґрунтових вод, переходити в атмосферне повітря в результаті випаровування або з пилом при вітровій ерозії ґрунту, через рослини мігрувати в організм тварин і людини.

Інтенсивне забруднення природного середовища значною мірою є наслідком нераціонального сільськогосподарського виробництва. Щороку з мінеральними добривами на сільськогосподарські угіддя надходить 193 тис.т фтору, 1,6 тис.т цинку, 620 тис.т міді та 622 т калію.

Усі без винятку пестициди при ретельному вивченні виявляли або мутагенну, або інші негативні дії на живу природу і людину. Близько 90% усіх фунгіцидів, 60% гербіцидів і 30% інсектицидів є канцерогенними.

Застосування пестицидів призводить до пригнічення біологічної активності ґрунтів і перешкоджає природному відновленню родючості, викликає втрату харчової цінності та смакових якостей сільськогосподарської продукції, збільшує втрати і скорочує термін збереження продукції, знижує урожайність багатьох культур внаслідок загибелі комах-запилювачів.

6. Вимоги щодо використання пестицидів і агрохімікатів.

Основними принципами державної політики у сфері діяльності, пов'язаної з пестицидами і агрохімікатами, є:

1. пріоритетність збереження здоров'я людини і охорони навколишнього природного середовища по відношенню до економічного ефекту від застосування пестицидів і агрохімікатів;
2. державна підконтрольність їх ввезення на митну територію України, виробництва, зберігання, транспортування, торгівлі і застосування;
3. обґрунтованість їх застосування;
4. мінімалізація використання пестицидів за рахунок впровадження біологічного землеробства та інших екологічно безпечних, нехімічних методів захисту рослин;
5. безпечність для здоров'я людини та навколишнього природного середовища під час їх виробництва, транспортування, зберігання, випробування і застосування за умови дотримання вимог, встановлених державними стандартами, санітарними нормами, регламентами та іншими нормативними документами;

Пестициди і агрохімікати вітчизняного, а також іноземного виробництва, що завозяться для використання на територію України, повинні відповідати таким вимогам:

- висока біологічна ефективність щодо цільового призначення;
- безпечність для здоров'я людини та навколишнього природного середовища за умови дотримання регламентів їх застосування;
- відповідність державним стандартам, санітарним нормам та іншим нормативним документам.

Забороняються ввезення на митну територію України (крім дослідних партій, що використовуються для державних випробувань та наукових досліджень), виробництво (крім виробництва для експорту та виробництва дослідних партій, що використовуються для державних випробувань, науково-технологічних

досліджень та випробувань), торгівля, застосування та рекламування пестицидів і агрохімікатів до їх державної реєстрації. (Частина друга статті 4 в редакції Закону №1628-IV (1628-15) від 18.03.2004). Ввезення на митну територію України незареєстрованих пестицидів і агрохімікатів, що використовуються для державних випробувань та наукових досліджень, у науково обґрунтованих обсягах здійснюється відповідно до планів державних випробувань і наукових досліджень, а також обробленого ними насінневого (посадкового) матеріалу - за дозволом, що видається центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища, в порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України. (Частина третя статті 4 в редакції Закону №1628-IV (1628-15) від 18.03.2004).

Використання залишків пестицидів і агрохімікатів, термін реєстрації яких закінчився, проводиться протягом двох років.

Обов'язковою умовою завезення та застосування незареєстрованих в Україні пестицидів для цих цілей є документальне підтвердження їх використання в країні, де вони виробляються.

Застосування пестицидів і агрохімікатів на землях природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення здійснюється відповідно до законодавства.

На території, що зазнала радіоактивного забруднення, а також у зонах надзвичайних екологічних ситуацій застосування пестицидів і агрохімікатів обмежується в порядку, визначеному центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної аграрної політики.

У спеціальних сировинних зонах, призначених для вирощування продукції для дитячого і дієтичного харчування, пестициди і агрохімікати застосовуються за спеціальними технологіями, які забезпечують одержання продукції, що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам до дитячого та дієтичного харчування.

Пестициди викликають глибокі зміни всієї екосистеми, впливаючи на усі живі організми, у той час як людина використовує їх для знищення дуже обмеженої кількості видів організмів. У результаті спостерігається інтоксикація великої кількості інших біологічних видів (корисних комах, птахів) аж до їхнього зникнення. До того ж людина намагається використати значно більше пестицидів, ніж це необхідно, і ще більше загострює проблему.

Серед пестицидів найбільш небезпечні, стійкі хлорорганічні сполуки (ДДТ – дихлордифенілтрихлоретан, ГХБ, ГХЦГ - циклопарафінів – гексахлорциклогексан), які можуть зберігатися в ґрунтах протягом багатьох років, і навіть малі їх концентрації внаслідок біологічного накопичення можуть стати небезпечними для життя організмів. Але і в малих концентраціях пестициди придушують імунну систему організму, а в більш високих концентраціях мають виражені мутагенні і канцерогенні властивості. Попадаючи в організм людини, пестициди можуть викликати не тільки швидке зростання злоякісних новоутворень, але і вражати організм генетично, що може представляти серйозну небезпеку для здоров'я майбутніх поколінь.

За даними ЮНЕСКО, пестициди в загальному обсязі забруднення біосфери землі займають 8 - місце після таких речовин, як нафтопродукти, ПАР (поверхнево-активні речовини), фосфати, мінеральні добрива, важкі метали,

окси азоту, сірки, вуглецю та інші сполуки.

Залишки пестицидів потрапляють у ґрунт, водойми, атмосферу. Це відбувається за рахунок того, що популяції шкідників мінливі: вони являють собою динамічний генофонд, який має здатність швидко еволюціонувати. Обробка полів пестицидами призводить до загибелі найбільш чутливих особин, тоді як більш стійкі продовжують розмножуватися, даючи нове, більш витривале покоління. За роки використання пестицидів постійно збільшувалась кількість стійких до них видів. Вже зараз відомо понад 500 видів комах, нечутливих до інсектицидів. Швидко зростає стійкість бур'янів до гербіцидів, грибкових захворювань, що поширюються.

Друга проблема, пов'язана з використанням синтетичних органічних пестицидів, полягає в тому, що після хімічної обробки шкідників вони не тільки повертаються, але можуть з'явитися в значно більших кількостях. Це іноді називається їх відродженням. Ще більш ускладнює ситуацію несподіване інтенсивне розмноження популяцій комах, які раніше не викликали занепокоєння через свою малочисельність. Це називається вторинним спалахом чисельності. Пестициди збільшують стійкість шкідників, призводять до вторинних спалахів чисельності, що вимагає використання нових препаратів, а це, в свою чергу, викликає подальше збільшення стійкості, нові вторинні спалахи та ін. Процес являє собою замкнуте коло, яке постійно збільшує небезпеку для здоров'я людини та оточуючого середовища.

Так, за даними ЮНЕП, середнє навантаження пестицидів на 1 га площі орних земель в США в кінці ХХ в. становила 1,5 кг, в Європі – 1,9 кг в Україні 2,5 кг. Останнім часом норми витрати пестицидів зменшувалися. Це пов'язано, по-перше, з використанням діючих речовин нових хімічних класів, ефективних при менших нормах витрати, а по-друге, з використанням біологічних засобів захисту рослин.

З метою захисту компонентів агроєкосистем від негативного впливу пестицидів необхідно чітко дотримуватися рекомендацій щодо їх застосування, запроваджувати інтегровані системи захисту рослин, біологічні методи захисту сільськогосподарських культур, стимулювати розробку нових екологічно нешкідливих пестицидів нового покоління.