



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
Відділ агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
для проведення лабораторних занять**

**з навчальної дисципліни  
«ЕКОЛОГІЧНА ТОКСИКОЛОГІЯ»**

**Третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти**

**Галузь знань 20 – Аграрні науки та продовольство**

**Спеціальність 201 – Агроніомія**

**Галузь знань 10 – Природничі науки**

**Спеціальність 101 – Екологія**



Київ – 2022 р.



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**  
**ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
Відділ агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
для проведення лабораторних занять

з навчальної дисципліни  
**«ЕКОЛОГІЧНА ТОКСИКОЛОГІЯ»**

**Третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти**

**Галузь знань 20 – Аграрні науки та продовольство**  
**Спеціальність 201 – Агрономія**

**Галузь знань 10 – Природничі науки**  
**Спеціальність 101 – Екологія**

**Київ – 2022 р.**

Методичні рекомендації для проведення практичних та лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Екологічна токсикологія» за спеціальністю 101 – Екологія у галузі знань 10 – Природничі науки для здобувачів третього освітньо-наукового рівня / Уклад.: І.М. Городиська, А.М. Ліщук, Карачинська Н.В. – К.: ІАП НААН, 2022. – 26с.

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту агроекології і природокористування НААН ( Протокол №2 від 08.09.2022 )

Укладачі:

***Городиська Інна Миколаївна, к.с.-г.н., с.н.с.***

***Ліщук Алла Миколаївна, к.с.-г.н., с.н.с.***

***Карачинська Надія Василівна, к.б.н.***

Рецензенти:

***Карпук Леся Михайлівна, д.с.-г.н., професор, професор кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства Білоцерківського національного аграрного університету***

***Бондарь Валерія Іванівна, к.с.-г.н., с.н.с., доцент кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності Національного університету біоресурсів і природокористування України***

*За редакцією укладачів*

## ЗМІСТ

	Стор.
I. Пояснювальна записка.....	3
II. Мета та завдання навчального курсу.....	3
III. Структура навчальної дисципліни.....	4
IV. Тематика і завдання до лабораторних занять.....	5
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 1. Методи відбору і зберігання зразків ґрунту, рослин і води для проведення екотоксикологічних досліджень.....	5
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 2. Методи екотоксикологічної оцінки небезпечності хімічних речовин: хімічні, біологічні, розрахункові. Визначення токсичності хімічної речовини методом фітотестування.....	8
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 3. Визначення концентрації залишкових кількостей пестицидів у об'єктах екосистем методом газорідинної хроматографії.....	15
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 4. Визначення концентрації важких металів у об'єктах екосистем методом тонкошарової хроматографії .....	17
V. Завдання для самостійної роботи.....	18
VI. Питання до заліку.....	18
VII. Оцінювання результатів навчання.....	20
VIII. Перелік літературних джерел для самопідготовки.....	21

## I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Методичні рекомендації для проведення лабораторних занять з вивчення навчальної дисципліни вільного вибору «Екологічна токсикологія» складено відповідно до освітньо-наукових програм третього освітньо-наукового рівня підготовки «докторів філософії» за спеціальностями: 101 – Екологія (галузь знань 10 – Природничі науки) і 201 – Агронімія (галузі знань 20 – Аграрні науки та продовольство).

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни «Екологічна токсикологія» є знання, їх генезис, способи отримання і практичного застосування та науково-дослідна робота аспіранта у галузі екологічної токсикології.

**Міждисциплінарні зв'язки:** «Екологія агросфери», «Екологія біосфери», «Екологічна токсикологія», «Агроекологічний моніторинг», «Радіоекологія в агросфері», «Радіоекологія в біосфері», «Екологобезпечні агротехнології», «Екологія вірусів», «Екологія мікроорганізмів», «Біологічна безпека агроєкосистеми», «Збалансований розвиток сільських територій», «Екосозологія», «Інвайронментологія. Екосистематологія» тощо.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

Змістовний модуль 1. Загальні питання екологічної токсикології.

Змістовний модуль 2. Основні токсиканти в екосистемах.

## II. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ

*Мета* навчальної дисципліни «Екологічна токсикологія» – формування у аспірантів знань в області екології токсичних речовин, що направлені на зниження та попередження забруднення токсикантами.

Внаслідок вивчення дисципліни «Екологічна токсикологія» аспіранти повинні:

*знати:*

- основи екотоксикокінези, екотоксикодинаміки та екотоксикометрії;
- можливі наслідки дії екотоксикантів на організм та популяцію;
- екотоксикологічні властивості агрохімікатів і наслідки надходження хімічних речовин в навколишнє природне середовище;
- вчення про класифікацію речовин за екотоксичністю та ступенем небезпеки;
- фізичні, хімічні та медико-біологічні властивості токсикантів, які викликають патологічні зміни у агробіоценозах;
- системні принципи і методи екотоксикологічного моніторингу та визначення ступеня забруднення сільгоспугідь і продукції сільського господарства важкими металами, стійкими органічними забруднювачами та залишками пестицидів;

- сучасні методи ремедіації забруднених екотоксикантами ґрунтів;
- заходи із запобігання та зниження негативної дії екотоксикантів в умовах хімічних катастроф та порушення умов транспортування, зберігання та застосування засобів хімізації сільського господарства;

*вміти:*

- формулювати основні екологічні закони, правила та принципи охорони довкілля та природокористування;
- використовувати законодавче та нормативно-правове забезпечення агроекологічного аналізу ґрунтів та сільськогосподарської продукції;
- розв'язувати проблеми у сфері захисту навколишнього природного середовища із застосуванням інноваційних підходів та міжнародного і вітчизняного досвіду;
- визначити джерела надходження екотоксикантів і визначити їх поведінку в абіотичних та біотичних компонентах екосистеми;
- використовувати екотоксикометричні показники гострої та хронічної активності, які показують шкідливий вплив екотоксиканта (ЛД<sub>50</sub>, ГДК, МДР);
- визначати класи небезпечності екзогенних хімічних речовин;
- вміти застосовувати сучасні фізико-хімічні та біологічні методи визначення екотоксикантів в об'єктах навколишнього природного середовища, визначати у об'єктах довкілля та сільськогосподарській продукції вміст важких металів та залишків діючих речовин пестицидів.

### III. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Очна (денна та вечірня), заочна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	6
<b>Змістовий модуль 1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТОКСИКОЛОГІЇ</b>					
Тема 1. Предмет та задачі екоотоксикології. Основні поняття екоотоксикології	22	2	-	2	18
Тема 2. Наукове і методичне забезпечення екологічної токсикології. Екоотоксикокінетика, екооткосикодинаміка, екоотоксикометрія	22	2	-	2	18
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>44</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>36</b>
<b>Змістовий модуль 2. ОСНОВНІ ТОКСИКАНТИ В ЕКОСИСТЕМАХ</b>					
Тема 3. Основні токсиканти в об'єктах навколишнього природного середовища	23	3	-	2	18
Тема 4. Методи контролю за вмістом екоотоксикантів у об'єктах навколишнього природного середовища	16	3	-	2	18
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>46</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>36</b>
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>72</b>

#### IV. ТЕМАТИКА І ЗАВДАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Теми лабораторних занять	Кількість годин
1	Методи відбору і зберігання зразків ґрунту, рослин і води для проведення екотоксикологічних досліджень	2
2	Методи екотоксикологічної оцінки небезпечності хімічних речовин: хімічні, біологічні, розрахункові. Визначення токсичності хімічної речовини методом фітотестування.	2
3	Визначення концентрації залишкових кількостей пестицидів у об'єктах екосистем методом газорідинної хроматографії	2
4	Визначення концентрації важких металів у об'єктах екосистем методом тонкошарової хроматографії	2
<b>Разом:</b>		<b>8</b>

#### ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 1

##### **Тема: Методи відбору і зберігання зразків ґрунту, рослин і води для проведення екотоксикологічних досліджень**

Надійність даних лабораторного аналізу ступеня забруднення ґрунту та води залишками пестицидів залежить від дотримання певних правил відбору зразків. Можливі помилки при відборі зразків зводять нанівець достовірність майбутніх результатів аналізу.

*Мета роботи* – ознайомитися з методами відбору і зберігання зразків ґрунту, рослин і води для проведення екотоксикологічних досліджень.

*Хід роботи.* Зразки ґрунту слід аналізувати у тому стані, в якому вони були відібрані. Термін від відбору зразків до початку проведення аналізу, особливо на вміст пестицидів, має бути мінімальним (1-2 доби), а зразки у цей період мають зберігатися у холодильнику при температурі +2-+4°C.

Кількість вихідних зразків залежить від типу ґрунту, рельєфу місцевості, розташування джерела забруднення.

Всі зразки мають бути поміщені у пакети із заповненими етикетками, на яких позначаються: номер вихідного зразка, глибина відбору зразків, номер поля, елементарної ділянки, сівозміни та найменування господарства.

Способи відбору зразків обумовлюються місцем відбору (поле, склад пестицидів, літовище, ставок, річка тощо), формою матеріалу (ґрунт, сипучі матеріали, донні відклади) та призначенням зразків (систематичний контроль, аварійні випадки, за розпорядженням відповідних органів). Виділяють наступні способи відбору зразків:

- *Спосіб конверта:* відбір зразків сипучого і поштучного матеріалів, який зберігається насипом, та ґрунту чи води у малих водоймах.



- *Спосіб відбору зразків за діагоналлю:* відбираються зразки у тому випадку, коли діагональ проходить через доступні місця. Кількість точок відбору має бути 7-10 при однаковій віддалі між ними.

*Відбір зразків за двома суміжними сторонами.* За цим способом відбираються зразки, якщо на ділянці, де має проводитись відбір зразків, є залишки асфальтового або цементного покриття.

*Відбір зразків ґрунту навколо джерела забруднення (складу отрутохімікатів).*

Щоб визначити зони забруднення ґрунтів навколо джерела забруднення, відбір зразків проводять за способом румбічної сітки (рис. 1).

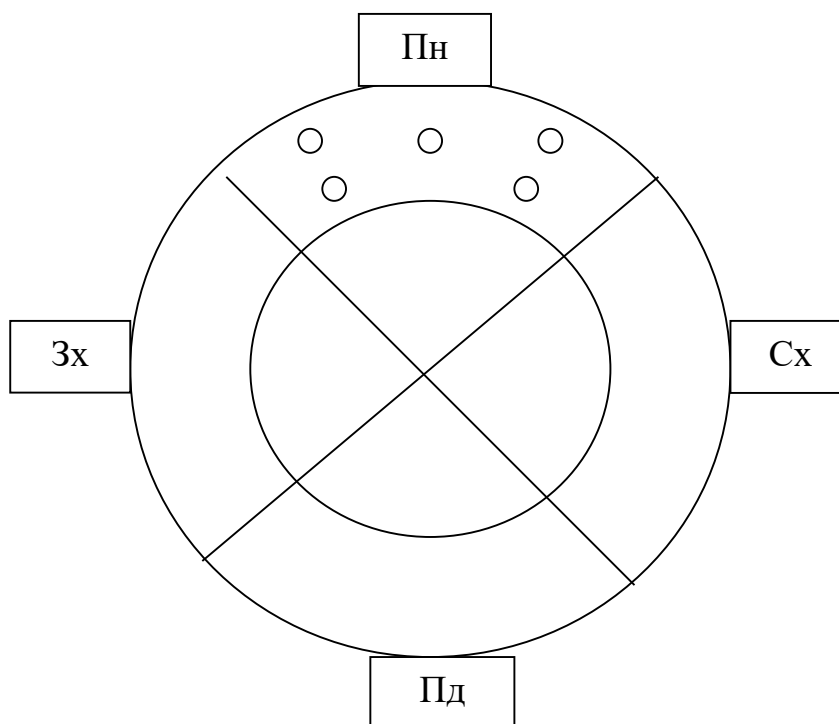


Рис.1. Спосіб відбору зразків за румбічною сіткою

Перший тур відбору зразків проводять на ділянці навколо складу способом румбічної сітки радіусом 70 м (площа ділянки становить 15386 м<sup>2</sup>). Коло умовно ділять на чотири сектори (північний, південний, західний, східний), а кожен сектор – на радіальні смуги, ширина яких збільшується залежно від відстані від складу: 1) радіусом до 1 м від складу; 2) радіусом від 1 до 2 м від складу; 3) радіусом від 2 до 5 м від складу; 4) радіусом від 5 до 15 м від складу; 5) радіусом від 15 до 30 м від складу; 6) радіусом від 30 до 70 м від складу.

У кожному секторі відбирають зразки ґрунту по смугах способом конверта. Якщо за результатами хімічних аналізів виявиться, що зона забруднення виходить за межі виділеної ділянки, то проводять другий тур

обстеження і наступні до тих пір, доки не буде встановлено межі забрудненої зони.

Рівень забрудненості сільськогосподарських угідь пестицидами доцільно визначати шляхом аналізу відібраних вихідних та середніх зразків.

За результатами хімічного аналізу визначають ступінь хімічної деградації ґрунтів за допомогою таблиці 1. План забрудненої території необхідно складати з позначкою відібраних зразків та пояснювальною запискою до нього. На плані виділяють межі ареалу забруднення та буферну зону, що відділяє забруднену ділянку від чистої. Даний план використовують для розробки технологій ремедіації та рекультивації зон забруднення.

Таблиця 1

**Основні критерії та агроекологічні нормативні показники хімічної деградації сільськогосподарських ґрунтів**

Тип забруднення (ГДК)	Основні діагностичні критерії, одиниці вимірювання	Агроекологічні нормативні параметри хімічної деградації ґрунтів				
		0 Недеградовані (нормальний стан)	1 Слабодеградовані (задовільний стан)	2 Середньодеградовані (передкризовий стан)	3 Сильнодеградовані (кризовий стан)	4 Дуже сильно деградовані (катастрофічний стан)
Забруднення ДДТ та метаболітами (0,1 мг/кг)	Вміст, мг/кг (ГДК)	< 0,002 (< 0,02)	0,003–0,05 (0,03–0,5)	0,06–0,10 (0,06–1,0)	0,11–0,15 (1,0–1,5)	0,16–1,00 (1,6–10,0)
Забруднення ізомерами ГХЦГ (0,1 мг/кг)	Вміст, мг/кг (ГДК)	< 0,002 (< 0,02)	0,003–0,05 (0,03–0,5)	0,06–0,10 (0,06–1,0)	0,11–0,15 (1,0–1,5)	0,16–1,00 (1,6–10,0)
Забруднення похідними сим-триазину (0,5 мг/кг)* (0,02 мг/кг)**	Вміст, мг/кг (ГДК)	< 0,01 (< 0,02)* (< 0,5)**	0,003–0,05 (0,03–0,5)	0,06–0,10 (0,06–1,0)	0,11–0,15 (1,0–1,5)	0,16–1,00 (1,6–10,0)

\*ГДК за транслокаційним показником 0,5 мг/кг

\*\*ГДК за показником фітотоксичності 0,02 мг/кг

## Завдання

1. Навчитися відбирати зразки поверхневого шару ґрунту способом конверта.
2. Навчитися відбирати зразки поверхневого шару ґрунту способом відбору за діагоналлю.
3. Навчитися відбирати зразки поверхневого шару ґрунту способом відбору за двома суміжними сторонами.
4. Навчитися відбирати зразки поверхневого шару ґрунту способом відбору за румбічною сіткою.
5. Помістити відібрані зразки ґрунту у пакети з етикетками, на яких позначити: номер вихідного зразка, глибину відбору зразка, номер поля, номер елементарної ділянки, сівозміни та найменування господарства.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 2

**Тема: Методи екотоксикологічної оцінки небезпечності хімічних речовин: хімічні, біологічні, розрахункові. Визначення токсичності хімічної речовини методом фітотестування**

*Мета:* ознайомитись з основними методами екотоксикологічної оцінки небезпечності хімічних речовин за ступенем небезпечності. Визначити експериментальні параметри токсикометрії за критеріями оцінки токсичності хімічних речовин. Вивчити особливості співвідношення між параметрами токсикометрії та рівнем біологічної дії токсиканта; навчитись оперувати визначеними показниками з метою оцінки токсичності шкідливих речовин.

### **1. Визначення експериментальних параметрів токсикометрії за критеріями оцінки токсичності хімічних речовин**

Параметри (критерії) токсикометрії, які визначаються безпосередньо в експерименті, називаються *експериментальними (первинними)*.

Токсикологічна оцінка починається з одержання даних про смертельні дози (мг/кг, мл/кг) й концентрації (мг/м<sup>3</sup>, мг/л, мг/кг, %), тобто з установлення верхніх параметрів токсичності у досліді.

Найбільш статистично значимими параметрами для характеристики токсичності отрут за смертельним ефектом є такі:

- **середня смертельна концентрація в повітрі ( $CL_{50}$ )** – концентрація речовини, що викликає загибель 50% піддослідних тварин (миші, щури) при двох-, чотиригодинному *інгаляційному* впливі та подальшому 14-ти денному терміні спостереження;

- **середня смертельна доза ( $DL_{50}$ )** – доза речовини, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при одноразовому введенні в *шлунок, черевну порожнину* та подальшому 14-ти денному терміні спостереження.

Токсичність отрут итим більша, чим менші величини  $CL_{50}$  та  $DL_{50}$ .

Середня смертельна доза (концентрація) встановлюється в обов'язковому порядку на декількох (мінімум чотирьох) видах лабораторних тварин з метою вивчення міжвидової чутливості до дії отрути.

**Ступінь токсичності** – величина, зворотна середній смертельній дозі (концентрації).

Інші показники верхніх параметрів токсичності (наприклад:  $DL_{100}$  та  $CL_{100}$  найменша доза чи концентрація, що викликає загибель усіх досліджених тварин;  $DL_0$  та  $CL_0$  – максимальна доза чи концентрація, що не призводить до загибелі тварин), не є статистично значимими і можуть використовуватися як додаткові орієнтовні величини.

Пороговість дії шкідливих факторів пов'язана з особливостями живого об'єкта і характеризує порушення меж звичайних фізіологічних коливань, тобто вихід за межі гомеостазу.

**Поріг гострої токсичної дії ( $Lim_{ac}$ )** – мінімальна концентрація (доза) речовини, що викликає при однократному двох-чотиригодинному інгаляційному або однократному внутрішньо-шлунковому впливі зміни обумовлених показників життєдіяльності організму, що виходять за межі фізіологічних відхилень.

Однак при токсикологічній оцінці хімічних речовин не можна виходити тільки з результатів вивчення гострих отруєнь, тому що при кількоразовому (тривалому) впливі деяких речовин інтоксикація має інший патогенез, ніж патогенез гострої інтоксикації. В реакції організму на тривалу дію отрут проявляється певна стадійність: період первинних реакцій; період неспецифічно підвищеної опірності; період компенсації й декомпенсації.

Тому на наступному етапі токсикологічної оцінки шкідливих речовин визначається поріг хронічної токсичної дії.

**Поріг хронічної токсичної дії ( $Lim_{ch}$ )** – мінімальна концентрація (доза) речовини, що викликає при безперервному фіксованому за тривалістю впливі (чотири-шість місяців) зміну обумовлених показників життєдіяльності організму, що виходять за межі фізіологічних відхилень.

**Поріг специфічної (вибіркової) дії ( $Lim_{sp}$ )** – мінімальна концентрація (доза) речовини, що викликає зміни біологічних функцій окремих органів і систем організму, що виходять за межі пристосувальних фізіологічних реакцій в умовах гострих та хронічних впливів.

## 2. Визначення похідних параметрів токсикометрії

Отримані в гострих дослідах параметри токсичності ( $CL_{50}$ ,  $Lim_{ac}$ ,  $Lim_{ch}$ ) дозволяють розраховувати зони гострої, хронічної та специфічної дії, які дають можливість оцінити небезпеку хімічної речовини і підійти до обґрунтування гранично допустимих концентрацій.

Небезпека оцінюється за двома групами кількісних показників: критеріями потенційної і реальної небезпеки.

До показників *потенційної небезпеки* (визначають можливість потрапляння отрути в організм при вдиханні, попаданні на шкіру і т.д.) відносять: летючість речовини (або її похідне – коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння *КМІО*), розчинність у воді й жирах, дисперсність аерозолів та інші.

*КМІО* – кількісна характеристика здатності хімічної речовини викликати інгаляційне отруєння, тобто відношення летючості речовини (максимально досяжної концентрації в повітрі) при температурі 20°C до величини середньої смертельної концентрації для мишей (при 2-х годинній експозиції та 2-х тижневому строку спостереження):

$$КМІО = \frac{K_{20^\circ}}{CL_{50}} \quad (2)$$

При витoku газу або летючої речовини можливість гострого отруєння тим вище, чим більше насичуюча концентрація при температурі 20°C. Якщо *КМІО* менше 1 – небезпека гострого отруєння достатньо *мала*, якщо вище – існує реальна небезпека гострого отруєння при аварійному витoku промислової отрути.

Якщо  $K_{20^\circ}$  не визначена експериментально, то її можна розрахувати через інші параметри:

$$K_{20^\circ} = \frac{\rho \cdot M}{18.3}, \text{ мг/л} \quad (3)$$

де  $\rho$  – тиск насичених парів в мм ртутного стовпчика при температурі 20°C;  $M$  – молярна маса, г/моль.

До показників *реальної небезпеки* відносять численні параметри токсикометрії та їхні похідні.

Про реальну небезпеку розвитку гострого отруєння можна судити за величиною **зони гострої дії** ( $Z_{ac}$ ), яка представляє собою відношення середньої смертельної концентрації (доза) до порогу гострої дії речовини:

$$Z_{ac} = \frac{CL_{50}}{Lim_{ac}} \quad (4)$$

Зона гострої дії (*ЗГД*) відповідає зміні біологічних показників, що виходять за рамки пристосувальних фізіологічних реакцій, на рівні цілісного організму. Вона є інтегральним показником компенсаторних властивостей організму, його здатності до знешкодження й виведення отрути, а також компенсації ушкоджених функцій.

*ЗГД* характеризує діапазон концентрацій речовин (від початкових до крайніх), що впливають на організм при однократному надходженні, і обернено пропорційна небезпеці отрут при однократному впливі. Чим менше *ЗГД*, тим небезпечніше речовина, бо навіть невелике підвищення її

концентрації (починаючи із граничної) уже може викликати крайні форми патології організму, навіть смерть.

Показниками реальної небезпеки розвитку хронічної інтоксикації є значення зон хронічної та біологічної дії.

**Зона хронічної дії** ( $Z_{ch}$ ) виражається відношенням порогу гострої дії до порогу хронічної дії токсиканта:

$$Z_{ch} = \frac{Lim_{ac}}{Lim_{hc}}. \quad (5)$$

Зона хронічної дії ( $Z_{ch}$ ) є показником компенсаторних властивостей організму на низькомолекулярному рівні і показує, наскільки великий розрив між концентраціями, що викликають початкові явища інтоксикації при однократному й тривалому надходженні в організм шкідливих речовин. Чим ширше  $Z_{ch}$ , тим небезпечніше речовина, бо концентрації, які викликають хронічний ефект, значно менше тих, що провокують гострі отруєння. Хронічні отруєння при дії таких речовин розвиваються потай, непомітно, протягом тривалого періоду. Небезпека хронічного отруєння прямо пропорційна величині  $Z_{ch}$ .

Велике значення також має виявлення небезпеки речовин за показниками вибірковості (специфічності) наявного ефекту: алергенного, бластогенного, дратівливого та ін. У таких випадках зручно використовувати такий показник, як зона специфічної дії.

**Зона специфічної дії** ( $Z_{sp}$ ) – це відношення порога однократної дії, встановленого за інтегральними показниками, до порога гострої дії по специфічних (системних, органних, рецепторних) показниках:

$$Z_{sp} = \frac{Lim_{ac}}{Lim_{sp}}. \quad (6)$$

**Зона біологічної дії** ( $Z_{biol}$ ) – відношення середньої смертельної концентрації (дозы) до граничної концентрації (дозы) при хронічному впливі:

$$Z_{biol} = \frac{CL_{50}}{Lim_{ch}}. \quad (7)$$

Чим більше значення  $Z_{biol}$ , тим більш виражена здатність з'єднання до кумуляції в організмі.

Визначення підпорогової і порогової концентрацій ( $ППК$  і  $ПК$ ) в хронічному експерименті дозволяє виявити особливості дії токсичної речовини, можливість адаптації тварин до її впливу, а також отримати значення ГДК.

Перехід до нормативного показника здійснюється шляхом множення порогових концентрацій на **коефіцієнт запасу** ( $K_3$ ):

$$K_3 = \frac{a \cdot Z_{ch} \cdot KMIO}{Z_{ac}}. \quad (8)$$

де  $a$  – коефіцієнт пропорційності (для парів летючих речовин  $a = 1$ ).

Коефіцієнт запасу показує, у скільки разів гранично допустима концентрація шкідливої речовини, встановлена для людини, менше порогу хронічної дії цієї речовини, встановленого в дослідках на тваринах. Тобто, це величина, на яку потрібно розділити поріг хронічної дії, щоб забезпечити повну безпеку речовини.

Величина коефіцієнта запасу залежить від ступеня токсичності речовини, її здатності до кумуляції та наявності специфічної дії токсиканта.

Коефіцієнт запасу особливо важливий у тих випадках, коли має місце ефект синергізму, збільшується значення *КМЮ*, розширюється зона хронічної дії, зростає коефіцієнт кумуляції, зменшується зона гострої дії тощо.

На підставі значення *Кз* можна розрахувати **гранично допустиму концентрацію (ГДК)** шкідливої речовини:

$$ГДК = \frac{Lim_{ch}}{K_z} \quad (9)$$

Вищезазначені параметри токсикометрії можна умовно розташувати в послідовності, яка схематично відображає співвідношення між рівнем біологічної дії і величиною параметра (рис. 1).

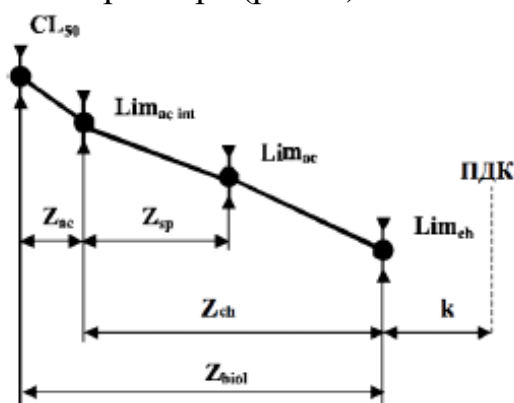


Рис. 1. Співвідношення між параметрами токсикометрії і рівнем біологічної дії токсиканта

### 3. Визначення токсикантів за ступенем небезпечності

Визначення небезпечності шкідливих хімічних речовин за ступенем небезпеки проводять за використання нормативних показників екологічної токсичності шкідливих речовин, а саме: класифікації шкідливих речовин за ступенем небезпеки. Згідно ГОСТ 12.1.007-76 (1999) найбільш шкідливі речовини відносять до першого класу небезпеки, найменш шкідливі – до четвертого (табл. 2). Однак дана класифікація не поширюється на пестициди.

**Норми і показники, що відповідають класам небезпеки шкідливих речовин\***

Найменування показника	Норма для класу небезпеки			
	1 клас надзвичайно небезпечні	2 клас високо небезпечні	3 клас помірно- небезпечні	4 клас мало небезпечні
ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	< 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 10,0	> 10,0
Середня смертельна доза ( $DL_{50}$ ) при введенні в шлунок, мг/кг маси тіла	< 15	15 – 150	151 – 5000	> 5000
Середня смертельна доза ( $DL_{50}$ ) при нанесенні на шкіру, мг/кг маси тіла	< 100	100 – 500	501 – 2500	> 2500
Середня смертельна ( $CL_{50}$ ) концентрація в повітрі, мг/м <sup>3</sup>	< 500	500 – 5000	5001 – 50000	> 50000
Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння ( $KMIO$ )	> 300	300 – 30	29 – 3	< 3,0
Зона гострої дії $Z_{ac}$	< 6,0	6,0 – 18,0	18,1 – 54,0	> 54,0
Зона хронічної дії $Z_{ch}$	> 10,0	10,0 – 5,0	4,9 - 2,5	< 2,5
Зона біологічної дії $Z_{biol}$	> 1000	101-1000	10-100,9	< 10,0
Порогова концентрація гострої дії $L_{imac}$ , мг/л	< 0,01	0,01 – 0,1	0,11 – 1,0	> 1,0
Порогова концентрація хронічної дії $L_{imch}$ , мг/л	> 10	10 – 5	4,9 – 2,5	< 2,5

*Примітка:* шкідливу речовину відносять до певного класу небезпеки за показником, значення якого відповідає найбільш високому класу небезпеки з визначених параметрів

Класифікація пестицидів за ступенем небезпеки (табл. 2) запропонована Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) у 1979 році і заснована на принципі визначення  $DL_{50}$  для щурів при оральному та шкірно-резорбтивному впливі хімічних речовин у твердому і рідкому стані.

### Завдання

1. За наданими значеннями  $K_{20\%}$ ,  $CL_{50}$ ,  $L_{imac}$  та  $L_{imch}$  для умовної хімічної речовини обчислити:

- а) зони гострої та хронічної токсичної дії;
- б) коефіцієнт можливого інгаляційного отруєння  $KMIO$ ;
- в) коефіцієнт запасу  $K_3$ ;
- г) величину  $ГДК$ .

2. За обчисленими значеннями зони гострої та хронічної токсичної дії, коефіцієнту можливого інгаляційного отруєння  $KMIO$  та величини  $ГДК$  визначити клас небезпеки токсиканта.

3. Оформити розрахунки в робочому зошиті.

4. Захистити роботу і відповіді на контрольні питання.



#### **4. Визначення токсичності хімічної речовини методом фітотоксичності**

Методом фітотоксичності можна оцінити токсичність ґрунту, відібраного з ділянки локального забруднення різноманітними ксенобіотиками, а також токсичність штучно забрудненого ґрунту. Суть таких досліджень полягає в порівнянні морфологічних та фізіологічних змін, які спостерігаються у рослин, вирощених у контрольних та дослідних посудинах у які внесені різні дози стійкого пестициду.

*Мета роботи* – визначити токсичні властивості хімічної речовини методом фітотоксичності.

*Хід роботи.* Дослідження слід проводити за контрольованих умов – температури, вологості тощо. Для досліджень ґрунт висушують до повітряно-сухого стану, перемішують, пропускають його через сито з решіткою від 4 до 5 мм та наповнюють ним посудини. Вологість ґрунту у посудинах має становити 60–65 % від повної його вологості. Посудини поміщають на окремі піддони і розміщують за рендомізованою схемою. За допомогою шаблону висівають попередньо підготовлене насіння у кількості 20–25 насінин зернових культур, або 10 насінин інших культур однакового ступеня пророщення. Посів здійснюють на глибину 1,0–1,5 см. Після цього лунки загортають, а посудини закривають зверху листками паперу або поліетиленовою плівкою для запобігання висихання ґрунту до появи перших сходів. Після оцінки проростання у кожній посудині залежно від виду рослини залишають по 5–15 рівномірно розташованих представників. Дослідження закінчують не раніше 14 днів після проростання на контрольному варіанті 50 % насіння.

Про фітотоксичний вплив ґрунту на рослини, їх ріст та розвиток, судять з різниці середніх довжин коренів та пагонів, а також маси контрольних та досліджуваних рослин.

Для визначення фітотоксичності ґрунтів, забруднених пестицидами слід використовувати представників двох категорій рослин: категорія 1 – однодольні рослини, категорія 2 – дводольні. При цьому слід обирати принаймні по одному виду з кожної категорії (табл. 3).

## Рекомендовані види рослин для визначення фітотоксичності ґрунту

Досліджуваний вид	Латинська назва
<b>Категорія 1</b>	
Жито	<i>Secale cereale</i> L.
Райграс багаторічний	<i>Lolium perenne</i> L.
Рис	<i>Oryza sativa</i> L.
Овес (звичайний або озимий)	<i>Avena sativa</i> L.
Пшениця м'яка	<i>Triticum aestivum</i> L.
Ячмінь (яровий або озимий)	<i>Hordeum vulgare</i> L.
Сорго звичайне	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench
Кукурудза солодка	<i>Zea mays</i> L.
Просо посівне	<i>Panicum miliaceum</i>
<b>Категорія 2</b>	
Гірчиця біла	<i>Sinapis alba</i>
Капуста (літня або зимова)	<i>Brassica napus</i> (L) ssp. <i>Napus</i>
Редька дика	<i>Raphanus sativus</i> L.
Ріпа дика	<i>Brassica rapa</i> ssp. (DC.) Metzg.
Ріпак	<i>Brassica napus</i>
Капуста китайська	<i>Brassica campestris</i> L. Var. <i>Chinensis</i>
Гірчиця сарептська	<i>Brassica juncea</i>
Конюшина птахонога	<i>Trifolium ornithopodioides</i> (L.)
Салат	<i>Lactuca sativa</i> L.
Крес-салат садовий	<i>Lepidium sativum</i> L.
Томат	<i>Lycopersicon esculentum</i> Miller
Квасоля звичайна	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Соя культурна	<i>Glycine max</i> L.
Соняшник однорічний	<i>Heliantus annus</i>
Тютюн	<i>Nicotiana tobacum</i>
Кабачки	<i>Cucurbita pepo</i>
Гарбузи	<i>Cucurbita pepo</i> cv <i>Howden</i>

Рівень токсичності ґрунту визначають за різницею у швидкості проростання, у кількості пророслого насіння, у довжині проростків і їх коріння, у кількості об'ємної і вагової продукції у досліді і на контролі. Токсичними вважають ґрунти, що викликають пригнічення проростання насіння на 20–30 % та більше. Визначення токсичності ґрунту рекомендується проводити на свіжих зразках ґрунту, оскільки після тривалого зберігання зразків токсичність їх може значно змінюватися.

При дослідженні ґрунтів санітарно-захисних зон складів отрутохімікатів, що характеризуються здебільшого полікомпонентним забрудненням, слід аналізувати не менш ніж на 6–8 видах рослин-індикаторів.

Отримані результати обробити статистично і зробити висновок.

### Завдання

1. Відібрати зразки поверхневого шару ґрунту на забруднених територіях.
2. Підготувати наважки ґрунту до проведення експерименту.
3. Відібрати насіння культур, що обробляються в забрудненому регіоні.
4. Статистично обробити та проаналізувати отримані результати досліджень.
5. Зробити висновок щодо фітотоксичності ґрунту.
6. Оформити отримані результати досліджень в робочому зошиті.

### ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 3

#### **Тема: Визначення концентрації залишкових кількостей пестицидів у об'єктах екосистем методом газорідинної хроматографії**

Методи визначення залишкових кількостей повинні забезпечити контроль вмісту пестицидів у пробі на рівнях: нижчих, вищих і таких, що дорівнюють гігієнічним нормам. Гігієнічні норми вмісту пестицидів (ДДД, МДР, ГДК у різних об'єктах) дуже низькі, тому методи повинні бути високочутливими. Необхідно визначити частки мікрограма у пробі.

*Мета роботи* – ознайомитися з методами визначення концентрації залишкових кількостей пестицидів у об'єктах екосистем методом газорідинної хроматографії.

*Хід роботи.* Загальна схема визначення мікрокількостей пестицидів у об'єктах навколишнього природного середовища включає кілька етапів: відбір проб, виділення пестициду з аналізованої проби та концентрування, відокремлення від супутніх домішок, ідентифікацію та кількісне визначення. Послідовність операцій та детальні умови їх здійснення регламентуються методиками визначення залишкових кількостей пестицидів.

З урахуванням вимог санітарного нагляду методика аналізу повинна забезпечити ідентифікацію та кількісне визначення окремих пестицидів або груп, близьких за будовою та фізико-хімічними властивостями, а також метаболітів або продуктів перетворення вихідних препаратів, якщо для них встановлено гігієнічні регламенти. Вимоги до метрологічної характеристики методу визначаються гігієнічними нормами вмісту пестицидів в об'єктах, що аналізуються.

*Визначення хлорорганічних пестицидів у ґрунті.* Вміст хлорорганічних пестицидів визначали за затвердженою Міністерством охорони здоров'я методикою методом газорідинної хроматографії.

*Принцип методу:* Метод оснований на вилученні хлорорганічних пестицидів з попередньо зволоженої проби ґрунту, екстракції пестицидів органічними розчинниками – ацетоном, перерозподілі пестицидів із водно-ацетонового розчину в гексан з подальшою сірчаною кислотою очисткою і кількісним визначенням методом газо-рідинної хроматографії з детектором по захопленню електронів. Нижня межа визначення 0,0002 мг/кг. Мінімальні кількості гексахлорбензолу і  $\alpha$ -ГХЦГ, що детектуються, в об'ємі для хроматографії (4 мкл), – 0,003 нг;  $\gamma$ -ГХЦГ – 0,004 нг; 4,4'- ДДЕ – 0,012 нг; 4,4'-ДДД – 0,02 нг; 2,4'-ДДТ – 0,05 нг; 4,4'-ДДТ – 0,06 нг.

*Прилад:* газовий хроматограф «Кристалл-2000» з детектором по захопленню електронів. Колонка скляна довжиною 1 м, діаметром 3 мм, заповнена хроматоном N-AW-DMCS (0,16-0,20 мм) з SE-30. Межа визначення ХОП в ґрунті – 0,2–30 мкг/кг.

Кількісне визначення проводять методом співвідношення зі стандартом по висоті піків. Вмісту пестицидів ( $X$ , мг/кг) проводили за формулою:

$$X = A \cdot H_1 \cdot V_2 \cdot 1000 / H_2 \cdot V_1 \cdot P \cdot K, \quad (10)$$

де  $A$  – кількість препарату (пестициду) в стандартному розчині, введеному в хроматограф, мг;

$H_1$  – висота піка стандартного розчину пестициду, введеного в хроматограф, мм;

$H_2$  – висота піка пестициду на хроматограмі екстракту, мм;

$V_1$  – об'єм екстракту, введений в хроматограф, мкл;

$V_2$  – загальний об'єм екстракту після упарювання і розбавлення, мл;

$P$  – наважка зразка ґрунту, що аналізується, кг;

$K$  – процент визначення кожного пестициду в даному типі ґрунту, обумовлений як утримуючою здатністю ґрунту, так і втратами при очистці екстрактів.

### **Завдання**

1. Підготувати наважку ґрунту (пробу) до проведення досліджень.
2. Провести виділення пестициду з аналізованої проби та концентрування, відокремлення від супутніх домішок, ідентифікацію та кількісне визначення.
3. Статистично обробити та проаналізувати отримані результати досліджень.
4. Зробити висновок щодо токсичності ґрунту відповідно ГДК.

## ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ 4

### Тема: Визначення концентрації важких металів у об'єктах екосистем методом тонкошарової хроматографії

Метод базується на екстрагуванні важких металів (ВМ) з водних розчинів дифенілтіокарбазоном (дитизоном) і утворенні з іонами важких металів у певному інтервалі рН відповідних комплексних солей металів та ідентифікації їх шляхом хроматографування в тонкому шарі сорбенту з подальшою кількісною та якісною оцінкою зон локалізації дитизонатів металів. Метод хроматографії в тонкому шарі сорбенту дає змогу розділяти суміш дитизонатів металів без попереднього усунення заважаючих іонів металів і проводити якісну і кількісну оцінку вмісту металів.

*Мета роботи* – навчитися визначати концентрації важких металів у об'єктах агроекосистем методом тонкошарової хроматографії.

*Хід роботи.* Для визначення важких металів у ґрунті використовують метод хроматографії в тонкому шарі сорбенту. Для оцінки потенційного запасу ВМ у ґрунті в якості екстрагента використовують 1,0 N HCL за співвідношенням між ґрунтом і розчином 1:10. Важкі метали з екстракту вилучають за допомогою розчину дитизону в інтервалі рН 7–8. Після розділення металів в тонкому шарі сорбенту проводили якісне і кількісне визначення металів за забарвленням, величиною  $R_f$  і площею хроматографічних «плям».

Для обробки результатів аналітичних досліджень використовують математичні статистичні методи. Достовірність та надійність результатів досліджень підтверджують даними математичної статистики вибіркової сукупності за допомогою дисперсійного, регресійного, кореляційного аналізів.

### Завдання

1. Підготувати наважку ґрунту (пробу) до проведення досліджень.
2. Провести екстрагування важких металів з аналізованої проби та їх концентрування.
3. Провести ідентифікацію, якісне та кількісне визначення важких металів у пробі.
4. Статистично обробити та проаналізувати отримані результати досліджень.
5. Зробити висновок щодо токсичності ґрунту відповідно ГДК.

## V. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

### Змістовий модуль 1.

#### ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТОКСИКОЛОГІЇ

*Предмет та задачі екотоксикології. Основні поняття екотоксикології.* Історія виникнення і розвитку екотоксикології. Наукові школи, понятійний апарат, терміни та визначення.

*Наукове і методичне забезпечення екологічної токсикології. Екотоксикокінетика, екотоксикодинаміка, екотоксикоμετρία.* Поведінка токсикантів в об'єктах навколишнього середовища та живих організмах. Типи перетворень токсикантів у навколишньому природному середовищі. Основні продукти деградації токсикантів.

### Змістовий модуль 2.

#### ОСНОВНІ ТОКСИКАНТИ В ЕКОСИСТЕМАХ

*Основні токсиканти в об'єктах навколишнього природного середовища.* Фітотестування та біоіндикація забруднень.

*Методи контролю за вмістом екотоксикантів у об'єктах навколишнього природного середовища.* Екологічні ризики застосування пестицидів в агротехнологіях. Вплив ґрунтово-кліматичних умов на поведінку пестицидів в агроценозах. Здатність ґрунтів до самоочищення. Вплив пестицидів на показники якості і безпечності сільськогосподарської продукції.

## VI. ПИТАННЯ ДО ЗАЛІКУ

1. Основні поняття токсикології. Предмет вивчення і задачі токсикології та екотоксикології.
2. Історія виникнення і розвитку екотоксикології. Наукові школи, понятійний апарат, терміни та визначення.
3. Особливості екологічної токсикології. Розділи токсикології.
4. Основні поняття токсикології: отрута, токсикант, ксенобіотик, токсичність. Екотоксиканти.
5. Токсична дія. Механізм токсичної дії. Токсичний процес. Основні типи класифікації токсичних речовин.
6. Закон України «Про пестициди і агрохімікати».
7. Закон України «Про екологічну експертизу».
8. Закон України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації».
9. Закон України «Про відходи».
10. Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані.
11. Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі.

- 12.Базельська конвенція про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням.
- 13.Наукове і методичне забезпечення екологічної токсикології. Поняття: екотоксикокінетика, екотоксикодинаміка, екотоксикометрія.
- 14.Визначення експериментальних параметрів токсикометрії.
- 15.Параметри токсикометрії, які лежать в основі класифікації шкідливих речовин за ступенем небезпеки.
- 16.Критерії оцінки потенційної небезпеки токсикантів.
- 17.Особливості співвідношення між параметрами токсикометрії і рівнем біологічної дії токсиканта.
- 18.Поняття середньосмертельних доз та концентрацій та їх визначення.
- 19.Абіотична та біотична трансформація токсикантів. Типи перетворень токсикантів у навколишньому природному середовищі. Основні продукти деградації токсикантів.
- 20.Специфіка метаболізму хімічних речовин в екосистемах, біодеградація, біокумуляція.
- 21.Період напіввиведення токсиканту з біологічних об'єктів. Шкідливі впливи токсикантів. Показники токсичної дії, безпечний рівень впливу (ГДК, МДР, ГДВ та ін.).
- 22.Пояснити сутність поняття пороговості дії шкідливих факторів.
- 23.Джерела надходження токсичних речовин до об'єктів навколишнього середовища та агроекосистем.
- 24.Особливості поведінки токсикантів у навколишньому природному середовищі та агроекосистемах (стійкість, міграція, накопичення).
- 25.Вплив токсикантів на живі організми (поняття гострого та хронічного отруєння).
- 26.Хімічні елементи у довкіллі. Міграція хімічних елементів і її показники.
- 27.Основні класи забруднюючих речовин.
- 28.Оцінювання токсичності ґрунту та природних вод методом біоіндикації.
- 29.Екотоксикологія важких металів.
- 30.Хімічна класифікація забруднюючих речовин. Токсикологічна класифікація.
- 31.Нормування рівня токсичного забруднення довкілля важкими металами (ГДК, нормативно-правова база в Україні та за кордоном).
- 32.Джерела і шляхи надходження важких металів у довкілля. Трансформація важких металів у навколишньому середовищі.
- 33.Нітрати у навколишньому природному середовищі.
- 34.Пестициди як забруднювачі агроекосистем. Джерела і шляхи надходження пестицидів у довкілля.
- 35.Класифікація пестицидів за ступенем небезпеки.

36. Вплив ґрунтово-кліматичних умов на поведінку пестицидів в агроценозах.
37. Вплив пестицидів на показники якості і безпеки сільськогосподарської продукції.
38. Стійкі органічні забруднювачі довкілля.
39. Хлорорганічні пестициди. Фізичні та хімічні властивості. Токсичність.
40. Фосфорорганічні пестициди. Фізичні та хімічні властивості. Токсичність.
41. Піретроїди. Похідні тіо- та дитіокарбонових кислот. Неорганічні сполуки.
42. Основні принципи моніторингу екотоксикантів. Основні методи прогнозу стану природного середовища.
43. Регламентування вмісту токсикантів. Гігієнічні вимоги безпеки і харчової цінності харчових продуктів.
44. Трансформація пестицидів у навколишньому середовищі.
45. Нормування рівня токсичного забруднення довкілля пестицидами (ГДК, нормативно-правова база в Україні та за кордоном).
46. Здатність ґрунтів до самоочищення.
47. Поняття екологічного ризику. Основні екологічні ризики при застосуванні агрохімікатів.
48. Агрохімікати і показники якості і безпеки сільськогосподарської продукції. Вплив агрохімікатів на біологічну активність ґрунту.
49. Вимоги до вибору способу нейтралізації непридатних пестицидів. Фізичні, хімічні та біологічні методи знешкодження непридатних пестицидів.
50. Фіторе mediaція забруднених ґрунтів. Міжнародний досвід використання фіторе mediaційних технологій.

## **VII. ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

Поточний контроль здійснюється шляхом зарахування рефератів, практичних і лабораторних робіт. Підсумкова форма контролю – Залік.

### **РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ**

<b>Поточне оцінювання</b>		<b>Підсумковий контроль</b>	<b>Сума</b>
Змістовний модуль 1	Змістовний модуль 2		
30	40	30	100



## ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ: НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>EX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>E</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## VIII. ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

### Основні

1. Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень / За ред. Олексів І.Т., Брагінського Л.П. Львів: Світ, 1995. 440 с.
2. Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А. Екологічна токсикологія та екотоксикологічний контроль : навчальний посібник. Миколаїв: Вид-во ЧДУ імені Петра Могили. Миколаїв, 2015. 240 с.
3. Основи екологічної токсикології: Курс лекцій для студ. напряму 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» ден. та заочн. форм навч. / Уклад. О.І. Семенова, Н.О.Бублієнко, Т.Л. Ткаченко. К.: НУХТ, 2013. 80 с.
4. Патица В.П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І. та ін. Агроєкологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів. К.: Основа, 2005. 300 с.
5. Петровська М. Екологічна токсикологія : навчально-методичний посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2014. 116 с.
6. Семенова О.І., Бублієнко Н.О. Основи екологічної токсикології : Підручник. 2014. 265 с.
7. Снітинський В.В., Хірівський П.Р., Гнатів П.С., Антоняк Г.Л., Панас Н.Є., Петровська М.А. Екотоксикологія. Навчальний посібник (рекомендований

Міністерством аграрної політики та продовольства України). Херсон: Олді-плюс, 2011. 300 с.

8. Сорочан О.О. Біохімічні основи екотоксикології: Навч. посіб. Д.: Вид-во Оксамит-Текс, 2006. 80 с.
9. Шумейко В.М., Глуховський І.В., Овруцький В. М. та ін. Екологічна токсикологія. К.: Столиця, 1998. 204 с.

#### Допоміжні

1. Гігієнічні нормативи і регламенти безпечного застосування пестицидів і агрохімікатів. Затвер. Наказом МОЗУ № 55 від 02.02.2016.
2. Грицаєнко З.М. та ін. Гербіциди та їх раціональне використання. Київ : Урожай, 1996. 304 с.
3. Державні санітарні правила ДСП 8.8.1.2.001-98 "Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві" / Опубліковано у «Доповнення до переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні». Офіційне видання, Дніпропетровськ, Арт-Прес, 2007.
4. ДСП 8.8.1.2.001-98 Державні санітарні правила «Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві».
5. Ісаєнко В.М., Войціцький В.М., Бабенюк Ю.Д. та ін. Екологічна біохімія. Навч. посібник. К.: Вид. НАУ, 2005. 437 с.
6. Кабата-Пендіас А., Пендіас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Перевод с английского. М.: Мир, 1989. 439 с.
7. Клісенко М.А., Александрова Л.Г., Демченко В.Ф., Макаручук Т.Л. Аналітична хімія залишкових кількостей пестицидів: Навчальний посібник. Київ: ЕКОГІНТОКС, 1999. 238 с.
8. Клісенко М.А. и др. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: справ. в 2 т. Москва: Колос. Т.1. 567 с; Т.2 416 с.
9. Мельников Н.Н. Пестициды М.: Химия. 1987. 712 с.
10. Микієвич М. М., Андрусевич Н. І., Будякова Т. О. Європейське право навколишнього середовища. Навчальний посібник. Львів, 2004. 258 с.
11. Моклячук Л.І., Зацарінна Ю.О., Драга М.В. Екологічне обґрунтування фітореMediaції забруднених трифлураліном ґрунтів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2012. № 58. С. 131–138.
12. Моклячук Л.І., Ліщук А.М., Матусевич Г.Д. Аналіз міжнародної практики та методичних підходів щодо вивчення екологічних ризиків пестицидів. *Збалансоване природокористування*. 2012. №1. С46–50.

13. Моклячук Л.І., Слободенюк О.А., Петришина В.А. Науково-методичні підходи до фітореMediaції забруднених пестицидами ґрунтів. *Агроecологічний журнал*. 2008. Спецвипуск. С.188–190.
14. Моклячук Т.О. Methodологія еколого-економічного оцінювання ремедіації забруднених ґрунтів. *Збалансоване природокористування*. 2014. № 4. С. 54–58.
15. Проданчук М.Г., Великий В.І., Кучак Ю.А. Methodологічні підходи до оперативної екогігієнічної оцінки асортименту та обсягів застосування пестицидів в сільському господарстві України. *Довкілля та здоров'я*. 2003. № 1. С. 75–78.
16. Снітинський В.В., Хірівський П.Р., Антоняк Г.Л., Уйгелій Г.Ю., Баб'як Н.М. Екологічна токсикологія. Практикум до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності: 6.070800 «Екологія і охорона навкол. Середовища». Львів, Вид. центр ЛДАУ. 2006. 98 с.
17. Воронов С.А., Стецишин Ю.Б., Панченко Ю.В., Васильєв В.П. Токсикологічна хімія харчових продуктів та косметичних засобів: підручник / за ред. проф. С.А. Воронова. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. 316 с.
18. Шумейко В.М. Глыхувський І.В. та ін. Екологічна токсикологія. Київ: Столиця, 1998, 204 с.
19. Фурдичко О.І. Агроecологія: монографія. К.: ДІА, 2014. 256 с.
20. Фурдичко О.І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України: монографія. К.: ДІА, 2014. 432 с.
21. Фурдичко О.І., Дребот О.І., Дем'янюк О.С., Нагорнюк О.М. Екологія агросфери: навчальний посібник. Київ, 2019. 750 с.
22. Environmental chemistry : essentials chemistry for engineering practice / Teh Fu Yen. N.J. 1999. 730 p.
23. Michael C. Newman Fundamentals of Ecotoxicology. The Science of Pollution, Fifth Edition Published. 2019. CRC Press. 708 p.
24. Ming-Ho Yu, Humio Tsunoda, Masashi Tsunoda. Environmental Toxicology. Biological and Health Effects of Pollutants. 3rd Edition. 2011. CRC Press. 397 p. ISBN 9781439840382.
25. David J. Hoffman, Barnett A. Rattner, G. Allen Burton, Jr., John Cairns, Jr. Handbook of Ecotoxicology. 2nd Edition. 2002. CRC Press. 1312 p. SBN 9781566705462.
26. Moklyachuk L. Gorodiska I., Slobodenyuk O., Petryshyna V. Phytoremediation or soil polluted with obsolete pesticides in Ukraine. Application of Phytotechnologies for Cleanup of Industrial, Agricultural, and Wastewater

contamination. *NATO Science for Peace and Security Series. Springer, 2009.* P. 12–124.

27. Moklyachuk L., Petryshyna V., Slobodenyk O., Zatsarinna Yu. Sustainable Strategies of Phytoremediation of the Sites Polluted with Obsolete Pesticides. *Application of phytotechnologies for cleanup of industrial, agricultural, and wastewater contamination. NATO Science for Peace and Security. Series C. The Netherlands: Springer, 2012.* P. 81–89.
28. Prasad M.N.V. Phytoremediation of metals in the environment for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences.* 2004. Vol.70 (1). P. 71–98.

### Нормативні

1. Базельська конвенція про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням [http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/995\\_022](http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/995_022)
2. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (ССБП. Шкідливі речовини. Класифікація та загальні вимоги безпеки).
3. ГОСТ 20432-83 Удобрения. Термины и определения (Добрива. Терміни та визначення).
4. Закон України «Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції» № 1393-XIV від 14 січня 2000.
5. Закон України «Про відходи» <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80>
6. Закон України «Про відходи» № 187/98-ВР від 5 березня 1998.
7. Закон України «Про екологічний аудит» № 1862-IV від 24 червня 2004.
8. Закон України «Про екологічну експертизу» <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/45/95-%D0%B2%D1%80>
9. Закон України «Про екологічну мережу України» № 1864-IV від 24 червня 2004.
1. Закон України «Про Загальнодержавну програму поводження з токсичними відходами» № 1947-III від 14 вересня 2000.
10. Закон України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1908-14>
11. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» № 2818-VI від 21 грудня 2010.
12. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-XII від 25 червня 1991.

13. Закон України «Про пестициди і агрохімікати»  
<http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/86/95-%D0%B2%D1%80>
14. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» № 255/95-ВР від 30 червня 1995.
15. Закон України «Про ратифікацію Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату» № 1430-IV від 4 лютого 2004.
16. Закон України «Про ратифікацію Поправок до Монреальського протоколу про речовини, що руйнують озоновий шар» № 255-V від 18 жовтня 2006.
17. Закон України «Про ратифікацію Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі» № 949-V від 18 квітня 2007.
18. Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» № 771/97-ВР від 23 грудня 1997.
19. Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані.  
[http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/995\\_223](http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/995_223)
20. Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі  
[http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995\\_a07](http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995_a07)