

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені В. Н. КАРАЗІНА

## **БІОІНДИКАЦІЯ ТА БІОТЕСТУВАННЯ**

**Методичні вказівки до проведення контроль-колоквіуму  
для студентів з галузі знань 10 Природничі науки  
за спеціальністю 101 «Екологія»**

Харків – 2023

**Рецензенти:**

**Ю. Г. Гамуля** – кандидат біологічних наук, доцент, декан біологічного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;

**А. Б. Чаплигіна** – доктор біологічних наук, професор, завідувачка кафедри зоології Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди.

*Затверджено до друку рішенням Науково-методичної ради  
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна  
(протокол № 1 від 20 жовтня 2023 року)*

**Біоіндикація** та біотестування : методичні вказівки до проведення контроль-колоквиуму для студентів з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 101 «Екологія» / уклад. О. М. Крайнюков, І. А. Кривицька. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2023. – 24 с.

Методичні вказівки розроблено з метою підвищення якості підготовки фахівців-екологів шляхом більш ретельного засвоєння отриманих знань та навичок щодо здійснення еколого-токсикологічної оцінки якості води, етапів та вимог до проведення польових обстежень водних об'єктів, послідовності процедур виконання методик біотестування для визначення токсичності води, донних відкладень та ґрунтів.

УДК 556.11:504.064

©Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2023

© Крайнюков О. М., Кривицька І. А., уклад., 2023

© Дончик І. М., макет обкладинки, 2023

## ЗМІСТ

Передмова .....	4
<b>РОЗДІЛ 1. МІСЦЕ БІОТЕСТУВАННЯ І БІОІНДИКАЦІЇ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ. БІОЛОГІЧНИЙ ТЕСТОВИЙ АНАЛІЗ – ІНТЕГРАЛЬНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ .....</b>	<b>6</b>
Програмні матеріали до розділу 1 .....	6
Навчальні елементи до розділу 1 .....	6
Контроль-колоквиум до розділу 1 .....	6
Література для підготовки до контроль-колоквиуму розділу 1 .....	8
<b>РОЗДІЛ 2. БІОТЕСТУВАННЯ – МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>10</b>
Програмні матеріали до розділу 2 .....	10
Навчальні елементи до розділу 2.....	11
Контроль-колоквиум до розділу 2.....	11
Література для підготовки до контроль-колоквиуму розділу 2 .....	14
<b>РОЗДІЛ 3. НАУКОВО–ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ БІОІНДИКАЦІЇ. БІОІНДИКАЦІЯ НА РІЗНИХ РІВНЯХ ОРГАНІЗАЦІЇ МАТЕРІЇ.....</b>	<b>16</b>
Програмні матеріали до розділу 3 .....	16
Навчальні елементи до розділу 3.....	16
Контроль-колоквиум до розділу 3 .....	17
Література для підготовки до контроль-колоквиуму розділу 3 .....	19
<b>РОЗДІЛ 4. ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ БІОІНДИКАЦІЇ.....</b>	<b>20</b>
Програмні матеріали до розділу 4 .....	20
Навчальні елементи до розділу 4.....	21
Контроль-колоквиум до розділу 4.....	22
Література для підготовки до контроль-колоквиуму розділу 4 .....	23

## ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Біоіндикація та біотестування» є вибірковою для студентів з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 101 «Екологія».

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Біоіндикація та біотестування» надання майбутнім фахівцям-екологам знань у галузі вивчення біотестування та біоіндикації – методичних прийомів, заснованих на використанні біологічних тест-об'єктів для визначення токсичності води шляхом реєстрації зміни відповідних показників їх життєдіяльності під впливом сумісної дії і взаємодії специфічних хімічних токсичних речовин.

Навчальна дисципліна містить 4 кредити та складається з чотирьох розділів;

загальна кількість навчання складає 120 годин з таким розподілом: лекції – 28 годин, практичні й семінарські заняття – 42 години, самостійна робота – 50 годин.

Завдання: ознайомлення з різними підходами до організації екологічного моніторингу, принципами та методами біоіндикації та біотестування, використанням тест-систем в різних умовах антропогенних впливів; вивчення особливості біоіндикації та біотестування на різних рівнях організації живої матерії; ознайомлення з новітніми розробками в області біоіндикації та біотестування і перспективними методами біотестування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні опанувати наступні компетентності:

ЗК 1 Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.

ЗК 8 Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК 9 Здатність працювати в команді.

ЗК 10 Навички міжособистісної взаємодії.

ФК 2 Здатність до критичного осмислення основних теорій, методів та принципів природничих наук. ФК 7 Здатність проводити екологічний моніторинг та оцінювати поточний стан навколишнього середовища.

ФК 13 Здатність до участі в управлінні природоохоронними діями та/або екологічними проектами.

Знання і розуміння:

ПРН 1 Демонструвати розуміння основних принципів управління природоохоронними діями та/або екологічними проектами.

ПРН 2 Розуміти основні екологічні закони, правила та принципи охорони довкілля та природокористування.

ПРН 3 Розуміти основні концепції, теоретичні та практичні проблеми в галузі природничих наук, що необхідні для аналізу і прийняття рішень в сфері екології, охорони довкілля та оптимального природо-користування.

ПРН 5 Знати концептуальні основи моніторингу та нормування антропогенного навантаження на довкілля.

Уміння:

ПРН 6 Виявляти фактори, що визначають формування ландшафтних комплексів та біологічного різноманіття.

ПРН 10 Уміти застосовувати програмні засоби, ГІС–технології та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення екологічних досліджень.

ПРН 11 Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище.

Комунікація:

ПРН 13 Уміти формувати ефективні комунікаційні стратегії з метою донесення ідей, проблем, рішень та власного досвіду в сфері екології.

ПРН 18 Поєднувати навички самостійної та командної роботи задля отримання результату з акцентом на професійну сумлінність, добросовісність та відповідальність за прийняття рішень.

ПРН 19 Підвищувати професійний рівень шляхом продовження освіти та самоосвіти.

ПРН 21 Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних.

ПРН 22 Брати участь у розробці проектів і практичних рекомендацій щодо збереження довкілля.

Методичні вказівки містять програму курсу «Біоіндикація та біотестування», перелік практичних робіт. Тематика та кількість практичних робіт відповідає програмі навчальної дисципліни, яка передбачає чотири тижневі години для денної форми навчання, з яких дві години аудиторні, дві години самостійної роботи студента.

## **РОЗДІЛ 1**

---

### ***МІСЦЕ БІОТЕСТУВАННЯ І БІОІНДИКАЦІЇ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ. БІОЛОГІЧНИЙ ТЕСТОВИЙ АНАЛІЗ – ІНТЕГРАЛЬНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ***

#### **ПРОГРАМНІ МАТЕРІАЛИ ДО РОЗДІЛУ 1**

Традиційна еколого–гігієнічна оцінка хімічного забруднення водних об'єктів (поверхневих та підземних вододжерел, питної води, стічних вод та ін.) заснована на санітарно–хімічних аналізах, що знайшла широке застосування в практиці наглядових служб і при виробничому контролі, що повністю себе виправдовує, але не дає повного уявлення про біологічну небезпеку води того чи іншого водного об'єкта. У зв'язку з цим необхідно мати дані про можливу несприятливу токсичну дію як виявлених, так і неідентифікованих шкідливих речовин, присутніх у водних об'єктах. З цією метою розповсюджується практика використання методів біотестування та біоіндикації компонентів довкілля для визначення їх токсичних властивостей.

#### **НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ДО РОЗДІЛУ 1**

1. Історія біологічного тестування.
2. Біоіндикація довкілля. Загальні принципи використання біоіндикаторів.
3. Особливості використання рослин в якості біоіндикаторів.
4. Особливості використання тварин в якості біоіндикаторів.
5. Особливості використання мікроорганізмів в якості біоіндикаторів.
6. Сфери застосування біоіндикаторів.
7. Оцінка якості повітря, води та ґрунтів.
8. Біологічні індекси і коефіцієнти, використовувані при індикаційних дослідженнях.

#### **КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМ ДО РОЗДІЛУ 1**

1. Викласти методологію та підходи біотестування, основні вимоги до методів, тест–об'єктів та тест–функцій.

2. Викласти суть методології біоіндикації. У чому відмінність методів біотестування від методів, передбачуваних біоіндикаційним дослідженням?

3. У чому переваги та недоліки використання тест–об'єктів рослинного походження у біотестуванні? А у біоіндикації?

4. Вплив стресуючих чинників на морфологічний гомеостаз (розкрити на конкретних прикладах). Назвати типи, класи чи види живих організмів, які є у даному підході біотестування.

5. У чому переваги та недоліки біоіндикаторів тваринного походження? Назвати типи, класи та види тварин, що використовуються в біоіндикації.

6. Вимоги до вибору ссавців як біоіндикатори антропогенного забруднення. Запропонувати види–індикатори, що відповідають цим вимогам для середньої смуги Росії. У чому переваги їх використання в порівнянні з іншими представниками царства тварин?

7. Дати опис переваг, недоліків та загальних вимог до фітоіндикації радіаційного та хімічного забруднення. Навести приклади оцінки стану екосистеми за допомогою рослин за індексами біорізноманіття (Шеннона–Вінера та Маргалефа).

8. Як провести оцінку енергетичного обміну у межах фізіологічного підходу біотестування? Суть підходу.

9. У чому переваги використання клітин вищих рослин у цитогенетичних тестах? Назвати види рослин, що застосовуються як тест–об'єкти радіаційного та хімічного забруднення.

10. Принцип методів біоіндикації якості атмосферного повітря за допомогою лишайників. Оцінювальна шкала. Індекс полеотолерантності.

11. Як провести оцінку порушення процесів зростання на прикладі рослинних об'єктів (наприклад, колеоптилів злакових культур) у рамках фізіологічного підходу біотестування?

12. Методичні підходи біоіндикації якості атмосферного повітря за допомогою голонасінних. Оцінювальна шкала. Принцип методу. Індекс чистоти атмосфери. Особливості використання сосни з метою оцінки радіаційного впливу на екосистему.

13. Методи оцінки зміни імунологічного гомеостазу під дією хімічних та радіаційних факторів. Перерахувати органи і тканини хребетних і безхребетних тварин, що застосовуються для аналізу в даному підході.

14. Ефективність біохімічних тестів при дослідженні стану організму та довкілля. Викласти суть будь-якого методу, що застосовується в даному підході.

15. Методи біотестування з використанням хребетних тварин. Перелічити основні типи, класи, види тварин, що застосовуються як тест–

об'єкти. Навести приклад методу біотестування за допомогою хребетних у межах будь-якого підходу.

16. Методи вивчення фітопланктону та його активності (відбір проб, консервація та зберігання, концентрування фітопланктону). Кількісний облік фітопланктону. Визначення біомаси фітопланктону за вмістом хлорофілу.

17. Методи біоіндикації води за допомогою макрофітів. Прямі та непрямі індикатори. Коефіцієнти достовірності та значущості. Індекс неоднорідності Сімпсона.

18. Як і які клітини ссавців можна використовувати в цитогенетичних тестах? У чому переваги? Назвіть відомі вам методи.

19. Як реконструювати дозу іонізуючого випромінювання, одержану людиною за допомогою мікроядерного тесту? У чому принцип методу?

20. Генетичний підхід оцінки якості довкілля. Запропонувати бальну оцінку стану тест-об'єктів за рівнем генетичних порушень. Вказати відомі методи, запропоновані цим підходом.

21. Перерахувати короткострокові (експрес) тести для виявлення мутагенних та канцерогенних хімічних речовин. Запропонувати тест-об'єкти, які застосовуються з цією метою.

22. Пояснити біоіндикацію якості води у проточній водоймі за системою сапробності. Розрахувати індекс сапробності. Назвати організми-індикатори (типи, класи, види).

23. Реконструювати дозу іонізуючого випромінювання, отриману людиною за хромосомними абераціями в лімфоцитах периферичної крові. У чому принцип методу?

24. Використовувати різні індекси для оцінки якості води по бентосних спільнотах макробезхребетних (біотичний індекс, загальний індекс біологічної якості, біологічний індекс загальної якості). Перелічити переваги та недоліки кожного.

25. Перелічити вимоги та переваги принципу біотестування за допомогою безхребетних. Схарактеризувати відомі методи (на прикладі будь-якого природного середовища у межах будь-якого підходу).

26. Викласти переваги та недоліки використання мікроорганізмів як біоіндикаторів. Колііндекс та колітитр. Загальне мікробне число.

## **ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМУ РОЗДІЛУ 1**

1. Еколого-токсикологічна оцінка якості компонентів довкілля : практикум / О. М. Крайнюков, І. А. Кривицька. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 56 с.

2. Еколого-токсикологічна оцінка якості поверхневих вод, ґрунтів та донних відкладень: навчально–методичний посібник / уклад. О. М. Крайнюков, А. М. Крайнюкова, І. А. Кривицька. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. –100 с.

3. Екологічна токсикологія та екотоксикологічний контроль. навчальний посібник / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томлін. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. – 240 с.

4. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. – Кременчук : Видавництво ПП Щербатих О. В., 2016. – 76 с.

5. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія : основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування. К. : Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 297 с.

### **БІОТЕСТУВАННЯ – МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

#### **ПРОГРАМНІ МАТЕРІАЛИ З РОЗДІЛУ 2**

Надходження у водне середовище хімічних забруднень призводить до суттєвих негативних наслідків. Зокрема, хімічне забруднення викликає глибокі зміни в структурно-функціональній організації водних екосистем: порушується життєдіяльність водних організмів, біопродукційні та самоочисні процеси у водних об'єктах.

Хімічні сполуки, які здатні порушувати життєдіяльність організмів або призводити до їх загибелі, називаються токсикантами. Наявність токсикантів у водному середовищі надає йому токсичних властивостей. Різні хімічні речовини у будь-якому водному середовищі (стічні, поверхневі, підземні, питні води та інш.) присутні одночасно. При їх взаємодії між собою токсичність води змінюється. Наприклад, утворення сполук з органічними речовинами збільшує токсичність іонів багатьох металів.

При здійсненні оцінки якості води як середовища мешкання водних організмів необхідно враховувати різні види взаємодії хімічних сполук: адитивність – просту суму токсичного ефекту; синергізм – взаємне посилення токсичної дії, яка перевищує сумарний ефект; антагонізм – взаємне послаблення токсичної дії речовин.

Для визначення токсичних властивостей води з урахуванням сукупної дії присутніх у ній токсичних речовин використовується біотестування: метод експериментального визначення токсичності води за зміною певного показника життєдіяльності тест-об'єкта.

Згідно з вимогами до якості води водних об'єктів рибогосподарського призначення екологічно обґрунтованим гранично допустимим скидом є така кількість забруднюючих речовин, яка при надходженні у водні об'єкти із зворотними водами не створює гостролетальних умов для водних організмів. У зв'язку з цим, нормативом гранично допустимого рівня токсичності зворотних вод на скиді у водний об'єкт, який забезпечує дотримання означених вимог, є відсутність гострої летальної токсичності.

Забруднення водних об'єктів зворотними водами може викликати хронічну токсичну дію води на водні організми, що проявляється у порушенні їх життєдіяльності і погіршенні самоочисної здатності водних об'єктів та їх екологічного стану. У зв'язку з цим, нормативом гранично

допустимого рівня токсичності поверхневих вод, який запобігає порушенню життєдіяльних процесів водних організмів, є відсутність хронічної токсичності.

## НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ З РОЗДІЛУ 2

1. Завдання і прийоми біотестування якості середовища. Вимоги до методів біотестування.
2. Сфера застосування методів біотестування. Тест-об'єкти, які використовуються при біотестуванні.
3. Відбір, зберігання, підготовка проб води, донних відкладів та ґрунтів. Експрес-оцінка токсичності води у польових умовах.
4. Методики біотестування.
5. Методика біотестування для визначення гострої токсичності води на ракоподібних *Daphnia magna* Straus.
6. Методика біотестування для визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.
7. Методика біотестування для визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.
8. Методика біотестування для визначення гострої токсичності води на водоростях *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb.
9. Методика біотестування для визначення гострої летальної токсичності води на гуппі *Poecilia reticulata* Peters.
10. Методика біотестування для визначення гострої летальної токсичності води на данію *Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan.
11. Методика біотестування для визначення токсичності донних відкладень на личинках комах *Chironomus dorsalis* Meig.

## КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Які основні види взаємодії хімічних речовин враховуються при використанні методу біотестування?

2. Дайте визначення термінів: токсичність води, гостра токсичність води, хронічна токсичність води, тест-об'єкт, тест-реакція.

3. Обґрунтуйте роль донних відкладень у процесах, що відбуваються у водних об'єктах.

4. Сформулюйте нормативні вимоги за токсикологічним показником до якості поверхневих та зворотних вод на скиді у водні об'єкти.

5. Розкрийте основну функцію методу біотестування при здійсненні оцінки якості води водних об'єктів та джерел їх забруднення. В яких місцях та районах рекомендується встановлювати пункти спостережень на водних об'єктах?

6. Обґрунтуйте особливості встановлення створів у пунктах спостережень.

7. Яка різниця між пунктом спостережень і створом?

8. Дайте перелік спостережень, які необхідно провести під час візуального огляду водного об'єкта.

9. Назвіть основні фізико-хімічні показники якості води водних об'єктів, які визначаються під час їх обстежень.

10. За допомогою яких обов'язкових та допоміжних методик біотестування здійснюється токсикологічна оцінка якості поверхневих і зворотних вод та донних відкладень?

11. Сформулюйте мету здійснення експрес-оцінки токсичності води в польових умовах.

12. Визначте галузь застосування експрес-індикатора токсичності (ЕІТ).

13. Наведіть характеристику ЕІТ та окремої індикаційної посудини.

14. Яку методику покладено в основу роботи ЕІТ, які тест-об'єкти використовуються для біотестування за допомогою ЕІТ?

15. Викладіть процедуру визначення токсичності води з використанням ЕІТ.

16. Здійсніть оцінку результатів біотестування, отриманих за допомогою ЕІТ.

17. Розкрийте сутність поняття «діапазон реагування тест-об'єкта на еталонну речовину». Які хімічні речовини використовуються в якості еталонних та їх основні властивості.

18. Викладіть послідовність процедури перевірки придатності культури тест-об'єктів до біотестування.

19. Назвіть процедури, які необхідно виконати для здійснення контролю якості визначень токсичності.

20. Схарактеризуйте морфологічні ознаки ракоподібних на прикладі *Daphnia magna* Straus.

21. Наведіть перелік стандартних умов культивування і проведення експериментів для церіодафній.

22. Сформулюйте принцип методики визначення гострої токсичності на церіодафніях, критерій токсичності та показник, за яким визначається гостра токсичність.

23. Сформулюйте принцип методики визначення хронічної токсичності на церіодафніях, критерій токсичності та показники, за якими визначається хронічна токсичність.

24. Схарактеризуйте властивості води, яка використовується в експериментах в якості контрольної і для приготування розбавлень.

25. Викладіть основні етапи біотестування води на церіодафніях при визначенні гострої токсичності (кількість повторів, процедура розсаджування церіодафній у дослідні та контрольні посудини, тривалість біотестування, завершення тестування, підрахунок живих церіодафній).

26. Викладіть основні етапи біотестування води на церіодафніях при визначенні хронічної токсичності (кількість повторів, процедура розсаджування церіодафній у дослідні та контрольні посудини, спостереження протягом біотестування, процедура щоденної заміни дослідної і контрольної води на свіжоприготовані, підрахунок живих вихідних церіодафній і новонароджених особин).

27. Викладіть процедуру оцінки результатів біотестування при визначенні гострої токсичності на церіодафніях (умови, за яких приймається рішення щодо токсичності проби води, побудова графіка розрахунку середнього летального розбавлення проби води, оформлення протоколів).

28. Викладіть процедуру оцінки результатів біотестування при визначенні хронічної токсичності на церіодафніях (умови, за яких приймається рішення щодо токсичності проби води, прийоми статистичної обробки даних біотестування, встановлення мінімальної кратності розбавлення води, за якої хронічна токсична дія не виявляється; оформлення протоколів).

29. Сформулюйте принцип методики визначення гострої токсичності донних відкладень на хірономідах, критерій токсичності та показник, за яким визначається гостра токсичність.

30. Сформулюйте принцип методики визначення хронічної токсичності донних відкладень на хірономідах, критерій токсичності та показник, за яким визначається хронічна токсичність.

31. Викладіть основні етапи біотестування донних відкладень на хірономідах при визначенні гострої та хронічної токсичності (кількість повторів, процедура розсаджування хірономід у дослідні та контрольні посудини, тривалість біотестування, завершення тестування, підрахунок живих хірономід).

32. Викладіть процедуру оцінки результатів біотестування при визначенні гострої токсичності донних відкладень на хірономідах (умови, за яких приймається рішення щодо токсичності проби води, побудова графіка розрахунку середнього летального розбавлення проби води, оформлення протоколів).

33. Викладіть процедуру оцінки результатів біотестування при визначенні хронічної токсичності донних відкладень на хірономідах (умови, за яких приймається рішення щодо токсичності проби води,

прийоми статистичної обробки даних біотестування, оформлення протоколів).

34. Сформулюйте принцип методики визначення токсичності води на водоростях, критерій токсичності та показник, за яким визначається токсичність.

35. Викладіть основні етапи біотестування води на водоростях (кількість повторів, процедура посіву водоростей у дослідні та контрольні посудини, тривалість біотестування).

36. Викладіть процедуру оцінки результатів біотестування при визначенні токсичності на водоростях (умови, за яких приймається рішення щодо токсичності проби води, побудова графіка розрахунку середнього ефективного розбавлення проби води, оформлення протоколів).

37. Сформулюйте принцип методики визначення гострої токсичності на рибах, критерій токсичності та показник, за яким визначається гостра токсичність.

38. Викладіть основні етапи біотестування води на рибах *Poecilia reticulata* Peters (кількість повторів, процедура розсаджування гуппі у дослідні та контрольні посудини, тривалість біотестування, підрахунок живих риб).

39. Викладіть основні етапи біотестування води на рибах *Brachydanio rerio* Hamilton–Buchanan (кількість повторів, процедура розсаджування даніо у дослідні та контрольні посудини, тривалість біотестування, підрахунок живих риб).

40. Викладіть процедуру оцінки результатів біотестування при визначенні токсичності на рибах (умови, за яких приймається рішення щодо токсичності проби води, побудова графіка розрахунку середнього летального розбавлення проби води, оформлення протоколів).

41. Які основні екологічні проблеми вирішуються в результаті польових спостережень на водних об'єктах та лабораторних екотоксикологічних досліджень якості води і донних відкладень?

## **ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМУ 2**

1. Еколого-токсикологічна оцінка якості компонентів довкілля : практикум / О. М. Крайнюков, І. А. Кривицька. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 56 с.
2. Еколого-токсикологічна оцінка якості поверхневих вод, ґрунтів та донних відкладень : навчально-методичний посібник / уклад. О. М. Крайнюков, А. М. Крайнюкова, І. А. Кривицька. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 100 с.

3. Екологічна токсикологія та екотоксикологічний контроль. навчальний посібник / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. – 240 с.
4. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. – Кременчук : Видавництво ПП Щербатих О. В., 2016. – 76 с.
5. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування. – К. : Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 297 с.

## РОЗДІЛ 3

---

### **НАУКОВО–ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ БІОІНДИКАЦІЇ. БІОІНДИКАЦІЯ НА РІЗНИХ РІВНЯХ ОРГАНІЗАЦІЇ МАТЕРІЇ**

#### **ПРОГРАМНІ МАТЕРІАЛИ З РОЗДІЛУ 3**

Усі біологічні системи (організми, популяції або біоценози) в ході свого розвитку пристосувалися до комплексу умов мешкання. Кожен організм має генетично закріплений фізіологічний поріг толерантності (витривалості) до певного чинника, в межах якого цей чинник є для нього стерпним. Реакція організму, його пригнічення або процвітання залежить від ступеня впливу чинника, тобто кожен вид пристосований до певної інтенсивності кожного екологічного чинника і до певного діапазону його мінливості. Згідно із «законом мінімуму» Ю. Лібиха і «закону толерантності» Шелфорда, існування виду визначається лімітуючими чинниками в області песимуму в максимальних і мінімальних значеннях. Поблизу точок максимуму і мінімуму лежать сублетальні величини екологічного чинника, а за межами зони толерантності – летальні. Оптимальне значення чинника визначити важко, тому прийнято вести мову про зону оптимуму, коли спостерігається найвища продуктивність виду. Умови середовища, що виходять за межі оптимальної зони, називаються екстремальними і складають зону пригнічення. За межами зони толерантності лежать летальні значення, що викликають загибель організму.

Біоіндикаторами можуть бути живі організми, що мають добре виражену реакцію на зовнішній вплив: різні види бактерій, водоростей, грибів, рослин, тварин і т.п. Істотною властивістю біоіндикаторів є чутливість. Прояв реакції організму при незначних відхиленнях характеризується як рання індикація.

#### **НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ З РОЗДІЛУ 3**

1. Екологічні основи біоіндикації. Загальні поняття.
2. Біохімічні та фізіологічні реакції на антропогенні стресори.
3. Морфологічні, біоритмічні та зміни в поведінці під впливом антропогенних стресорів.
4. Хорологічні та популяційно-динамічні зміни, викликані антропогенними стресорами.

5. Дія антропогенних стресорів на динаміку біоценозів.
6. Біоіндикація антропогенного впливу на ландшафт.

### КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Екологічні фактори і їхня класифікація в біоіндикації.
2. Що таке границя витривалості? Схематичне представлення «закону мінімуму» Ю. Лібіха, «закону толерантності» Шелфорда, «закону оптимуму».
3. Які види називають еври- і стенобіонтними? Які з них є кращими біоіндикаторами?
4. Чим визначається індикаторна цінність виду?
5. Поняття «стрес». Види стресу. Хід адаптації і стійкість до стресу.
6. Визначте переваги методів біоіндикації перед інструментальними методами оцінки стану природного середовища.
7. З'ясуйте сутність біоіндикації. Основні методи біоіндикації.
8. Форми біоіндикації.
9. Сформулюйте основні принципи біоіндикації.
10. Які показники можна використовувати як абсолютні стандарти в біоіндикації?
11. Які показники можна використовувати як відносні стандарти в біоіндикації?
12. Можливі варіанти зміни вихідних параметрів біологічних систем на антропогенний вплив.
13. Специфічна і неспецифічна індикація.
14. Рівні біоіндикації, їхня характеристика – об'єкти, показники.
15. Критерії при виборі біоіндикаційних показників.
16. Можливості і практичне значення біоіндикації.
17. Біоіндикація і шість основних груп біологічних дисциплін.
18. Поняття «біоіндикатор», класифікація біоіндикаторів.
19. Пряма і непряма біоіндикація. Приклади.
20. Позитивні і негативні біоіндикатори. Приклади.
21. Типи чутливості біоіндикаторів. Рання й акумулятивна біоіндикація.
22. Вірогідність біоіндикації. Групи індикаторів за ступенем вірогідності результатів, приклади.
23. Вимоги до біоіндикаторів, критерії добору біоіндикаторів. Приклади.
24. Критерії щодо вибору біоіндикаторів при фітоіндикаційних дослідженнях.

25. У чому відмінність по чутливості до стресорів біологічних систем на субклітинному, клітинному, організмовому і екосистемному рівнях?

26. У чому складається діагностична цінність біоіндикації на біохімічному і фізіологічному рівні?

27. У чому полягає перевага біоіндикації на молекулярному рівні?

28. Які основні етапи обміну речовин піддаються впливові стресорів і спостереження за якими має вирішальне значення для біоіндикації?

29. Які з індикаційних ознак на фізіолого-біохімічному рівні придатні для ранньої біоіндикації?

30. Показові ушкодження молекулярного рівня як біоіндикаційні показники. Приклади.

31. Показові ушкодження клітинного рівня як біоіндикаційні показники.

32. Критерії добору біоіндикаційних показників тканевого й організмового рівнів.

33. Показові ознаки пошкодження на тканевому рівні. Приклади.

34. Характеристика і типи некрозів у рослин.

35. Характеристика стандартних тест-рослин для біоіндикації на тканевому рівні.

36. Показові патологічні прояви несприятливого зовнішнього впливу у тварин як біоіндикаційні показники. Приклади.

37. Показові ушкодження організмового рівня в рослин. Приклади.

38. Зміна фарбування листів у рослин і тіла у тварин як біоіндикаційні показники. Приклади.

39. Зміна розмірів і продуктивності рослин і тварин як біоіндикаційні ознаки.

40. Екобіоморфні ознаки як біоіндикаційні показники. Приклади.

41. Добір показових видів на популяційному рівні біоіндикації.

42. Показники популяційного рівня біоіндикації.

43. Вплив антропогенних стресорів на динаміку рослинних популяцій.

44. Вплив антропогенних стресорів на характер поширення рослин.

45. Показові ознаки екосистемного рівня.

46. Метод комплексної біоіндикації, його етапи і переваги.

47. Екологічні індекси, використовувані в методі комплексної індикації (індекс Шеннона, індекс домінантності, індекс подібності).

48. Фітоіндикаційні методи дослідження екологічного стану природного середовища.

## ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМУ 3

1. Еколого-токсикологічна оцінка якості компонентів довкілля : практикум / О. М. Крайнюков, І. А. Кривицька. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 56 с.
2. Еколого-токсикологічна оцінка якості поверхневих вод, ґрунтів та донних відкладень : навчально-методичний посібник / уклад. О. М. Крайнюков, А. М. Крайнюкова, І. А. Кривицька. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 100 с.
3. Екологічна токсикологія та екотоксикологічний контроль. навчальний посібник / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. – 240 с.
4. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. – Кременчук : Видавництво ПП Щербатих О. В., 2016. – 76 с.
5. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування. – К. : Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 297 с.

#### ПРОГРАМНІ МАТЕРІАЛИ З РОЗДІЛУ 4

Оскільки рослини в цілому володіють відносно високою чутливістю до дії деяких забруднюючих речовин, їх можна використовувати в якості індикаторів для виявлення забруднення і визначення його рівня, а також при здійсненні моніторингу стану забруднення атмосфери. Якщо рослини здатні накопичувати забруднюючі речовини без зміни їх хімічного складу за рахунок метаболічних процесів і якщо акумульовані речовини можуть бути легко ідентифіковані в зразках рослини, то такі види рослин можна використовувати як накопичувачі забруднення. Якщо акумуляція речовин рослинами може розглядатися як прояв впливу забруднення, то використання рослин є надзвичайно зручним для визначення рівня та складу забруднення і моніторингу ефектів впливу забруднюючих речовин.

В теперішній час відомо декілька видів (типів) ефектів впливу забруднення повітря на рослини, котрі можна умовно розділити на ефекти гострої дії високих концентрацій за короткий проміжок часу і хронічної дії низьких концентрацій цих речовин за тривалий період. Прикладами ефектів гострого впливу є чітко помітний хлороз або некроз тканин листя, опадання листя, плодів, пелюсток квіток, скручування листків, викривлення їх стебел. До ефектів хронічної дії відноситься сповільнення або зупинка нормального росту і розвитку рослин (що обумовлюють, зокрема, зменшення об'єму біомаси, зниження врожаю сільськогосподарських культур); хлороз і некроз верхівок листя; повільне в'янення рослини або її органів. Іноді прояви хронічної або гострої дії можуть бути специфічними для окремих забруднюючих речовин або їх поєднання. Доволі багато різних видів рослин можна використовувати в якості індикаторів або накопичувачів забруднення повітря через їх здатність до прояву ефектів впливу. Наприклад, для цих цілей можуть бути використані епіфітні види лишайників, мохи, папороті, вищі форми рослин, що мають судинну систему. Для біологічного моніторингу ефектів забруднення повітря придатні як дикорослі, так і культурні види рослин. Проте різниця в складі ґрунтів, ґрунтових вод та інші фактори (включаючи кліматичні) можуть вплинути на ефекти впливу забруднення повітря, що спостерігаються в різних районах.

Найбільш характерний тип забруднення природних водойм – скидання в них великих мас органічних речовин, що розкладаються, і біогенних елементів, також сприяючих зростанню маси органіки у водоймі. Таке

забруднення приводить насамперед до замулювання дна, збільшення кормової бази детритоюдних тварин і мікроорганізмів, зниження кількості розчиненого у воді кисню. Саме ці чинники безпосередньо змінюють склад співтовариства. Для кількісної оцінки органічного забруднення введена шкала сапробності (ксено-, оліго-, б-мезо-, а-мезо- і полісапробні водойми). Паралельно із звичайною органікою, але в менших дозах, людуство забруднює водойми отрутохімікатами, нафтопродуктами, солями металів, теплом, шумом, радіацією і електромагнітним випромінюванням. Загальна картина забруднення водойм досить складна, але доведено, що види, стійкіші до органічного забруднення, в цілому стійкіші і до решти типів забруднень. Тому стійкість живих організмів до забруднення вимірюють, як правило, за єдиною шкалою сапробності.

Ґрунт – це особливе органо-мінеральне природне утворення, яке виникло як внаслідок пливу живих організмів на мінеральний субстрат і розкладу мертвих організмів, так і за рахунок впливу природних вод і атмосферного повітря на поверхневі горизонти гірських порід у різних умовах клімату і рельєфу в гравітаційному полі Землі. З іншого боку, ґрунт – це найбільш малорухоме природне середовище порівняно, наприклад, з атмосферою або поверхневими водами. Міграція забруднювальних речовин в ґрунті протікає відносно повільно. Як наслідок цього, високі рівні забруднення ґрунтів деякими речовинами локалізуються в місцях їх викиду у зовнішнє середовище. Окрім того, можлива поступова зміна хімічного складу ґрунтів, порушення єдності геохімічного середовища та живих організмів.

Найбільш інтенсивним шляхом переносу забруднень, які потрапляють на ґрунт, може бути перенесення з атмосферним повітрям у випадку потрапляння забруднень з ґрунту в атмосферу через випаровування або разом з пилом. Іншим відносно швидким шляхом розповсюдження забруднювачів є змив їх стічними водами. Але далеко не всі ці механізми переносу відіграють суттєву роль у забрудненні ґрунтів. Під впливом фізико-хімічних факторів і, головним чином, в результаті діяльності мікроорганізмів відбувається розкладання забруднювальних речовин органічного складу. У ряді випадків (забруднення ґрунтів бенз(а)піреном, пестицидами та іншими речовинами) можливе навіть встановлення рівноваги між надходженням на ґрунт та їх розкладанням у ґрунті.

#### **НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ З РОЗДІЛУ 4**

1. Основи біоіндикації забруднення та стану атмосфери.
2. Забруднюючі речовини і їх суміші, які впливають на рослинний покрив.

3. Біомоніторинг забруднення атмосфери за допомогою рослин.
4. Рослини–індикатори і рослини–монітори. Відбір і підготовка біологічних матеріалів для біомоніторингу.
5. Дослідження середовища методами біоіндикації та біотестування. Оцінка санітарного стану повітря за допомогою лишайників.
6. Біоіндикація стану водного середовища. Чинники забруднення.
7. Характеристики водного середовища та пристосування до них живих організмів.
8. Зміни водних екосистем при антропогенному забрудненні. Сапробність і токсобність.
9. Біоіндикатори стану водного середовища.
10. Біоіндикація з використанням зообентоса.
11. Біоіндикація з використанням макрофітів. Методи біологічної оцінки якості води.
12. Біоіндикація стану ґрунтів. Зміна кислотності ґрунтів, рослини–індикатори кислотності і багатства ґрунтів.
13. Механічний склад ґрунтів, літоіндикатори.
14. Показники та індикатори ґрунтової родючості. Індикація засоленості ґрунтів. Індикація типів ґрунтів.

#### **КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМ ДО РОЗДІЛУ 4**

1. Поняття «газостійкість» і «газочутливість».
2. Застосування ліхеноіндикаційних методів у діагностиці якості повітря.
3. Коефіцієнт Жакара.
4. Індекс поліотелерантності.
5. Індекс різноманітності Шеннона.
6. Роль еврибіонтних та стенобіонтних видів в біоіндикаційних дослідженнях.
7. Коефіцієнт спільності Серенсена.
8. Індекс неоднорідності Сімпсона.
9. Індекс сапробності.
10. Олігохетний індекс.
11. Показники стану рослинності як індикатора екологічного стану території.
12. Класифікація фітоіндикаційних ознак.
13. Методи біоіндикації за структурою і будовою рослинних співтовариств.
14. Метод дендроіндикації.
15. Метод бріоіндикації.

16. Метод ліхеноіндикації.
17. Біоіндикаційні показники ліхеноіндикації (показник достатку-щільності, індекс чистоти атмосфери, індекс чистоти повітря).
18. Розрахунок загальноприйнятих статистичних параметрів у біоіндикації – вибіркове середнє, вибіркова дисперсія, коефіцієнт варіації, критерій Стьюдента, критерій Фішера.
19. Оцінка подібності–розходження.
20. Зміна кислотності ґрунтів, рослини-індикатори кислотності і багатства ґрунтів.
21. Механічний склад ґрунтів.
22. Показники й індикатори ґрунтової родючості.
23. Індикація засоленості ґрунтів – постійні, перемінні, негативні індикатори.
24. Індикація типів ґрунтів.

#### **ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО КОНТРОЛЬ–КОЛОКВІУМУ 4**

1. Еколого-токсикологічна оцінка якості компонентів довкілля : практикум / О. М. Крайнюков, І. А. Кривицька. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 56 с.
2. Еколого-токсикологічна оцінка якості поверхневих вод, ґрунтів та донних відкладень : навчально-методичний посібник / уклад. О. М. Крайнюков, А. М. Крайнюкова, І. А. Кривицька. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 100 с.
3. Екологічна токсикологія та екотоксикологічний контроль. навчальний посібник / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. – 240 с.
4. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. – Кременчук : Видавництво ПП Щербатих О. В., 2016. – 76 с.
5. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування. – К. : Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 297 с.

Навчальне видання

**Крайнюков Олексій Миколайович**  
**Кривицька Іветта Анатоліївна**

## **БІОІНДИКАЦІЯ ТА БІОТЕСТУВАННЯ**

**Методичні вказівки до проведення контроль-колоквіуму  
для студентів з галузі знань 10 Природничі науки  
за спеціальністю 101 «Екологія»**

Коректор *О. В. Анцибора*  
Комп'ютерне верстання *Н. О. Ваніна*  
Макет обкладинки *І. М. Дончик*

Формат 60x84/16 Ум. друк. арк. 1,3. Наклад 50 пр. Зам. № 167/23.

Видавець і виготовлювач  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009

Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна