**РОБОЧИЙ ЗОШИТ**

ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**«Біологічна оцінка якості води»**

Укладач професор, доктор біологічних наук Уваєва Олена Іванівна

[uvayeva@ztu.edu.ua](mailto:uvayeva@ztu.edu.ua)

+380967207579

## ЗМІСТ

Практичне заняття № 1. Визначення рівнів біоіндикації та добір біоіндикаторів…...2

Практичне заняття № 2. Біоіндикація за макрозообентосом……………………..…...6

Практичне заняття № 3. Біоіндикація токсичних речовин у воді………………........12

Питання до заліку………………………………………………………..……………..16

Теми наукових статей …………………………………………………………….……17

До заліку потрібноопрацювати теоретичні питання інадіслати на електронну пошту[uvayeva@ztu.edu.ua](mailto:uvayeva@ztu.edu.ua):

**3 мультимедійні презентації.** Обов’язково підписати своє прізвище, групу, назву дисципліни, назву теми, на яку презентація! Теми для презентації вибрати самостійно з теоретичних питань до занять і питань до заліку.

**3 наукові статті.**Обов’язково підписати своє прізвище, групу, назву дисципліни, назву теми, над якою працюєте!

Пошук здійснювати вІнтернеті – Google Академія – Розширений пошук – ключові слова (*написати 2-3 слова*). Теми для наукових статей вибрати самостійно із запропонованих у робочому зошиті.

Підручники можна завантажити: https://learn.ztu.edu.ua/mod/folder/view.php?id=233506

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

ТЕМА: Визначення рівнів біоіндикації та добір біоіндикаторів

**Теоретичні питання (підготувати презентації)**

1. Поняття біоіндикації та її основні рівні: молекулярний, клітинний, організмовий, популяційний, екосистемний.
2. Вимоги до біоіндикаторів: специфічність, чутливість та доступність для досліджень.
3. Переваги біологічних методів оцінки якості води над фізико-хімічними.
4. Приклади біоіндикаторів серед рослин, безхребетних і риб.
5. Вплив антропогенних факторів на водні біоіндикатори.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Притула Н.М. Біоіндикація : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 141 с.
2. Хижняк М.І., Євтушенко М.Ю. Методологія вивчення угруповань водних організмів : Навчальний посібник. Київ : Український фітосоціологічний центр, 2014. 269 с.
3. Хмелюк С. В., Хмелюк О. С., Карпушин Д. В. Методи біоіндикації екологічного стану водойм: Навч. посіб. К.: Вид-во НУБіП України, 2017. 160 с.

**Наукові статті на тему:**

* Біоіндикація як метод оцінки якості води.
* Класифікація біоіндикаторів у водних екосистемах.
* Вплив стресових факторів на біологічних індикаторів.
* Порівняльний аналіз біоіндикаторів на різних рівнях організації життя.
* Використання макрофітів та макрозообентосу у біоіндикації.
* Роль біоіндикаторів у моніторингу якості води.

# Практична робота

**Методи і знаряддя збору гідробіологічних проб води у водоймах різного типу**

***Мета роботи:*** *Ознайомитися з правилами та приладами відбору проб води для проведення гідробіологічного аналізу та методами обліку організмів фіто- та зоопланктону.*

# Основні поняття

**Фітопланктон.** Фітопланктон має велике значення в кругообігу речовин. Водорості разом з вищою водною рослинністю утворюють з мінеральних речовин органічні. Завдяки своїй життєдіяльності вони впливають на хімічний склад і газовий режим води, використовуючи біогенні речовини для побудови свого тіла, поглинаючи вуглекислий газ і виділяючи кисень. Ці автотрофні фото синтезуючі організми є основним джерелом живлення різних водних тварин, зоопланктон них, зообентос них та риб-фітопланктофагів. Відмираючи, водорості постачають харчовий субстрат для бактерій, утворюють детрит, сприяють розвитку консументів різних видів.

Негативне значення фітопланктону полягає в тому, що спад “цвітіння” води влітку, пов’язаний з масовим відмиранням синє-зелених водоростей у водоймах. Це викликає порушення кисневого режиму, задуху, пригнічення розвитку зоопланктону і зообентосу, погіршує загальний санітарний стан водойм.

Таким чином, роль фітопланктону визначається не тільки фактом наявності певних видів індикаторів, але й ступінню їх кількісного розвитку. Вивчення таких характеристик як видовий склад, чисельність, біомаса, розподіл водоростей у водоймі дає можливість здійснювати комплексну оцінку екологічного стану водойм.

***Методи збору***. Відбір кількісних проб фітопланктону на глибоководних водних об’єктах здійснюється батометром з глибин 0; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 20,0 м і т. д. потім проби, відібрані з кожної глибини, зливаються в чисте відро і добре перемішуються, після чого відбирається середня проба об’ємом 0,5 л. Додаючи у відібрану пробу 5 – 7 мл 40%-ного формаліну, який не повинен мати осаду, пробу фіксують.

На малих річках і мілководдях пробу фітопланктону відбирають простим черпанням води з глибини 0,3 – 0,5 м і заповненням нею 0,5 л пляшки. Пробу відразу ж фіксують 5 – 7 мл 40%-ного формаліну.

Для якісного відбору проб фітопланктону використовують планктонну сітку Апштейна (газ №77), яка має вигляд конуса. Верхня частина пришивається за рахунок бавовняної тканини до металічного кільця, а нижня частина прикріплюється до стаканчика. Перед початком роботи сітку промивають у воді і закривають затискачем.

В глибоких місцях проводять тотальний лов від дна до поверхні, а на мілководдях ємкістю (літрова кружка, відро, банки тощо) з горизонту 0,3 – 0,5 м на відстані більше 1 м від берега. Зачерпують не менше 30 л води і проціджують її крізь планктонну сітку Апштейна, де проходить її фільтрація і збирання фітопланктону у стаканчику. Черпати слід по течії води середнім темпом з невеликими перервами. Після того, як через сітку профільтрували на менше 30л води, осад з планктонного стаканчика переливають в посудину для відбору проби, відкриваючи затискач. Потім затискач закривається і сітку знову занурюють у водойму або у відро з водою для споліскування. Змиті організм знову переносять в пробу. Необхідно слідкувати, щоб при споліскуванні в сітку не потрапила нова порція води крізь вхідний отвір. Проба фіксується 5 – 7 мл 40%-ного формаліну.

Для кожної відібраної проби заповнюється етикетка: Назва проби. 1. Назва водойми. 2. Назва пункту відбору. 3.

Назва створу. 4. Дата відбору (число, місяць, рік). 5. Об’єм профільтрованої проби.

***Обробка проб у лабораторії***. Пляшка з пробою повинна відстоятись в затемненому місці. Всі синьо-зелені водорості концентруються у поверхневому шарі, а інші, більш важки види, осідають на дно. Після відстоювання відціджується сифоном середній порожній шар води. Ця операція проводиться дуже обережно. Щоб не збовтати пробу вода випускається дуже повільно краплями. Осад концентрується до об’єму 20 – 50 – 100 мл і зберігається до обробки.

Для проведення обробки проб використовується обладнання: мікроскоп, окуляр-мікрометр, штемпель-піпетка з об’ємом відбору зразка проби 0,1 мл, лічильна камера визначеного об’єму або поліноване предметне скло, покривне скельце, мірні склянки ємкістю 50, 100 і 200 мл, гліцерин.

Згущена проба виливається в мірний посуд, добре перемішується і штемпель-піпеткою відбирається зразок, що поміщається на предметне скло, або в лічильну камеру, голкою додається гліцерин і накривається покривним скельцем. Препарат спочатку продивляються під мікроскопом з метою встановлення видового складу, користуючись відповідними визначниками.

***Розрахунок чисельності*** водоростей в 1 л води проводиться за формулою С.А. Кражан і Л.І. Лупачової:

(1.1)

де N – кількість водоростей в 1 л; n – кількість водоростей в 0,1 мл; V1 – об’єм проби після згущення; V – первинний об’єм проби.

***Розрахунок біомаси*** фітопланктону проводиться методом складання біомас окремих популяцій. Більшість видів водоростей мають форму кулі, циліндра, еліпсоїда або двох конусів. Знайдений для кожної клітини об’єм (в мкм3) помножується на її чисельність. Значення біомаси одержують в мг/л або г/м3 з точністю до 0,01. Питома вага водоростей умовно приймається рівною одиниці.

***Оперативний контроль***. Розвиток фітопланктону у водоймах можна також визначити за кольором води, опускаючи індикаторний диск Секкі на половину індикаторної прозорості. При цьому керуються таким відношенням кольору і екологічних умов:

1. Вода має зеленуватий відтінок – це добрий фізіологічний стан фітопланктону і нормальні екологічні умови водойми.
2. Вода чиста, блакитна з високою прозорістю – означає низький вміст фіто- і зоопланктону.
3. У воді зеленувато-сині хлоп’я при низькій прозорості – означає початок масового відмирання синьо-зелених водоростей, загрозу задухи вищих форм гідробіонтів, незадовільний екологічний стан.
4. Пожовтіння води при малій прозорості – дефіцит кисню, загроза задухи або задуха.
5. Оранжево-жовта вода з прозорістю вище норми свідчить про нестачу планктону та погані гідрохімічні показники.

**Зоопланктон**. Роль зоопланктону в трансформації енергії і біотичному кругообігу речовин, що визначають продуктивність водойм дуже велика. Мирні зоопланктонні безхребетні тварини живляться бактеріями, детритом та водоростями. Таким чином, зоопланктон діє як природний бактеріальний фільтр. Він помітно впливає на чисельність фото синтезуючих водоростей фітопланктону, регулюючи кисневий режим. Крім того, зоопланктонні організми – це основний корм для личинок риб, молоді та дорослих риб-зоопланктофагів.

***Методи збору***. Для відбору проб на зоопланктон також використовують планктонну сітку Апштейна (газ №77). Перед початком роботи сітку промивають у річці і закривають затискачем.

Відбір проб зоопланктону здійснюється таким чином: літровою кружкою або відром з глибини 0,3 – 0,5 м на відстані більш ніж 1 м від берега зачерпують 50 л води. Воду виливають в сітку Апштейна, де і проходить її фільтрація і концентрація зоопланктону в планктонному стаканчику. Черпають по течії річки, середнім темпом з невеликими перервами.

Після того, як профільтрували 50 л води, відкривають затискач і осад з планктонного стаканчика переноситься в підготовлений для відбору проби посуд. Потім затискач закривають і сітку занурюють у водойму або у відро з водою, коли мала глибина або сильна течія, але так, щоб у вхідний отвір не потрапила нова вода. Змиті зі стінок залишки проби, зливаються в ту ж посуду.

Консервація зоопланктон них проб проводиться 4%-ним формаліном (1 частина чистого формаліну на 9 частин води). Кожна проба етикетується (зразок етикетки наведений вище), її дані записують у щоденник або польовий журнал.

Посуд з пробами зберігається в захищеному від попадання прямих сонячних променів приміщенні при температурі не нижче 10˚С.

***Обробка проб.*** Якісний і кількісний склад зоопланктону визначається в лабораторії під мікроскопом. Кількісний облік планктону проводять об’ємним або лічильним методом.

Об’ємний метод – це експрес-метод визначення біомаси зоопланктону безпосередньо під час зйомок на водоймах.

Один з прийомів експрес-методу полягає в тому, що зафіксовану пробу виливають в мірний циліндр і визначають об’єм осаду. Вміст зоопланктону в 1 м3 розраховують шляхом множення об’єму осаду (см3) на відповідний коефіцієнт (К): К=40 при проціджуванні у водоймі 25 л води, К=20 при проціджуванні 50 л, К=10 при проціджуванні 100 л води.

Другий спосіб розрахований на обробку матеріалу в лабораторних умовах.пробу зоопланктону проціджують крізь сито №70-76. Осад підсушують на фільтрувальному папері до зникнення мокрих плям, зважують на терезах разом з шматком сита. Масу шматка вологого сита визначають заздалегідь. По різниці мас визначають біомасу планктону. Знаючи об’єм профільтрованої через планктонну сітку води, можна визначити біомасу зоопланктону в 1 м3.

Основний метод камеральної обробки зібраного матеріалу

* це лічильний. Пробу зоопланктону переливають у мірний циліндр, доводять її об’єм до 100 см3, перемішують штемпель- піпеткою, відбирають зразок 0,5 або 1,0 мл і виливають в камеру Богорова, або на лічильне скло. Рахують кількість організмів різних видів. Ця операція проводиться двічі. Якщо результати мають близькі показники, беруть середню величину для розрахунків. При великих розходженнях вивчають третю порцію. Після цього всю пробу продивляються під бінокулярним мікроскопом для визначення видового складу та підрахунку одиничних екземплярів.

***Розрахунок чисельності***. Дані з чисельності зоопланктону повинні бути представлені як кількість організмів в одиниці об’єму (екз/м3) або в стовпі води (наприклад, кількість під м2 поверхні – екз/м2). Як правило, при порівнянні чисельності зоопланктону в різних водоймах, використовуються дані з кількості екземплярів в одиниці об’єму, а при зіставленні результатів визначення чисельності зоопланктону та фітопланктону, кількості риб і т. ін., використовуються величини середньої чисельності під м2 поверхні.

Розрахунок кількості організмів в 1 м3, якщо проба відібрана шляхом проціджування певного об’єму води через сітку Апштейна, проводиться за формулою:

 (1.2)

де N – кількість організмів в 1 м3 води, екз/м3; n – кількість організмів у пробі, екз.; V – об’єм води, процідженої через сітку, л.

***Розрахунок біомаси***. Наступним етапом кількісної обробки проб зоопланктону є одержання даних з біомаси. Сумарна вага безхребетних визначається множенням середньої індивідуальної маси кожного організму на його чисельність. Дані індивідуальних мас зоопланктерів наведені в роботах І.А. Кисельова та Ф.Д. Мордухай-Болтовського.

Визначення і підрахунок організмів проводять по трьох основних групах: коловертки (Rotatoria), веслоногі (Copepoda) та гіллястовусі (Cladocera) ракоподібні. До групи “інші” відносяться види, що не входять до вказаних систематичних одиниць.

**Зообентос**. Видова різноманітність організмів зообентосу в кожному конкретному випадку свідчить про деякі особливості даної водойми, наприклад солоність води, проточність, характер донного ґрунту. Бентосні безхребетні входять до складу організмів-індикаторів забруднення водойми.

***Відбір кількісних проб*** зообентосу на малих і середніх річках здійснюється трубчастим донним черпаком або сачком чи шкрібачкою. В декількох точках з різним характером дна трубчастим донним черпаком на доступній глибині вирізається шар ґрунту на 2/4 – 3/4 об’єму трубки (7-8 см).на кожному створі відбирається 2 – 4 трубки. Кількість трубок, які відбираються на створі, залежить від типу ґрунту і кількості організмів в пробі.

На мулистих ґрунтах береться 2-3 трубки, так як там, в основному, багато організмів. На бідних піщаних відбирається 3-4 трубки.

Відібраний ґрунт переносять в таз. Потім проводять промивку проби. Грунт переносять в сачок-промивалку або скребок і промивають водою поки промивні води не стануть світлими. Залишок зі скребка (організми разом з частиною ґрунту) переносять за допомогою пінцета в банку.

Для відбору зразка з піщаного ґрунту річок треба пробу перед промивкою через сачок або скребок піддати відмочуванню. Для цього пробу з донного черпака переносять в таз, наливають води до 1/3 – 1/2 об’єму глибини тазу. Рукою вода з ґрунтом приводиться в стан руху так, щоб підняти в воду

зоофауну, не даючи організмам осісти на дно. Воду з тазу швидко виливають в сачок-промивалку чи скребок. Так продовжують робити до тих пір, поки промивні води не стануть світлими. Після цього залишок ґрунту в тазу оглядається. Всі організми, які залишились, відбираються, а залишок відкидається.

Після промивки організми з сачка-промивалки чи скребка переносять в банку, консервують і забезпечують етикетками. Об’єм консервованого матеріалу не повинен перевищувати 1/2 - 2/3 об’єму банки, вільний об’єм заповнюється водою і 40%-ним формаліном з розрахунку 1/10 частина банки – 50 мл на банку 0,5 л.

***Відбір якісних проб*** зообентосу здійснюється сачком або скребком. Тварин на водній рослинності ловлять скребком чи вручну. Скребком проводять проти течії річки декілька разів по рослинності в зоні її повного занурення у воду. Відцідивши воду, відбирають з скребка виловлених тварин пінцетом і переносять в банку (попередньо банку на 1/4 об’єму заповнюють водою).

Декілька екземплярів різних рослин, занурених повністю в воду, виривають з коренем і промивають в тазу. Таким чином знімаються рухомі тварини. Потім рослину і особливо кореневу систему уважно обстежують і пінцетом чи вручну збирають прикріплених тварин. Воду з тазика можна процідити через скребок і вміст скребка перенести в банку.

Рухомі організми бентосу, які можуть можуть знаходитись в товщі води, вловлюють скребком, здійснюючи плавні рухи вперед по дну проти течії річки, кожний раз після чергового змаху виймаючи скребок з води і оглядаючи його.

Більших тварин з сачка в банку переносять пінцетом, а дрібних змивають зі стінок скребка струменем води (з кружки) і концентрують в нижній округлій частині скребка. Вивернувши мішок, переносять тварин безпосередньо в банку, занурюючи частину мішка з фауною в банку з водою.

При зборі тварин з ґрунту в декількох точках з різним характером ґрунту скребком на достатній глибині зрізується шар ґрунту на глибину ріжучої пластинки, при цьому скребок притискають до ґрунту і приводять по дну на відстань 0,5 м або менше. Грунт з скребка переносять в таз, наповнивши його до половини. Якщо ґрунт являє собою мул (при розтиранні пальцями не відчувається пісок), то його переносять в сачок- промивалку, де промивають до світлої води.

Залишок у сачку-промивалці змивають в центральну частину мішка, поливаючи з кружки водою внутрішню поверхню мішка. Потім мішок вивертають над банкою і, занурюючи центральну частину сачка в банку, змивають залишки тварин з ґрунту в банку.

Зібраний матеріал в банках, разом з ґрунтом повинен займати не більше 1/2 – 2/3 вмісту банки і, тому якщо весь матеріал не входить в одну банку його можна розмістити в дві – три. Залишковий простір банки заповнюють водою і 40%-ним формаліном.

З каменів тварин збирають вручну на доступній глибині. Камені різних розмірів обережно відділяють від ґрунту, так як рухомі організми швидко втікають, і переносять в таз з водою. Частина тварин з каменів переходить у воду, яку потім проціджують через сачок. Камені над тазом уважно оглядають і всіх виявлених тварин переносять в банку з водою. Уважно оглядають і нарости на каменях, які можуть бути домівками для ручейників і трубками личинок хірономід. Таким чином, оглядають не менше 5 каменів різного розміру, потім воду з тазика профільтровують через сачок-промивалку і переносять в банку для фіксації. Ємкості з відібраними пробами забезпечуються етикетками з лейкопластиру. Запис роблять олівцем або кульковою ручкою.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

**ТЕМА: Біоіндикація за макрозообентосом**

**Теоретичні питання (підготувати презентації)**

1. Основні групи макрозообентосу як індикатори стану водойм.
2. Індекс Вудівісса та методика його розрахунку.
3. Показники толерантності макрозообентосу до забруднень.
4. Вплив антропогенних факторів на структуру макрозообентосу.
5. Підготовка проб макрозообентосу для біоіндикаційного аналізу.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Притула Н.М. Біоіндикація : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 141 с.
2. Хмелюк С. В., Хмелюк О. С., Карпушин Д. В. Методи біоіндикації екологічного стану водойм: Навч. посіб. К.: Вид-во НУБіП України, 2017. 160 с.

**Наукові статті на тему:**

* Методика біоіндикації за допомогою макрозообентосу.
* Застосування індексу Вудівісса для оцінки якості води.
* Антропогенний вплив на структуру макрозообентосу.
* Трофічна роль макрозообентосу у водних екосистемах.
* Оцінка забруднення водойм за макрозообентосом.
* Використання біотичних індексів для оцінки якості води.

# Практична робота

**Тема: Зони сапробності і індикаторні організми**

***Мета роботи:*** *Оволодіти методикою розрахунку індексу сапробності прісних вод за співвідношенням видів планктонних організмів.*

# Основні поняття

При індикації забруднення прісних вод широко вживаною є система сапробності, що враховує здатність гідробіонтів розвиватись у воді з тим чи іншим вмістом органічних речовин.

Для багатьох водних організмів помірний рівень забруднення є нормальним для їх існування. Інша частина видів не витримуючи навіть невеликого забруднення зникає. За переважанням тих або інших груп гідробіонтів і проводиться індикація забруднення води органічними і біогенними речовинами. Організми, які зазвичай використовують як біоіндикатори, відповідальні за самоочищення водойми, беруть участь у створенні первинної продукції, здійснюють трансформацію речовин у водних екосистемах.

За ступенем забруднення поверхневих вод органічними речовинами прийнято виділяти три зони: полісапробна, мезосапробна та олігосапробна. В межах мезосапробної зони розрізняють альфа- та бета-мезосапробність, які тяжіють відповідно до більш забрудненої полісапробної та більш чистої олігосапробної зон.

*Полісапробна зона (p)*. Характеризується значним вмістом нестійких органічних речовин і наявністю продуктів їх анаеробного розкладу (метан, сірководень). Кисень відсутній, є багато органічного детриту, проходять відновні процеси, залізо знаходиться в формі Fe3+, мул має чорне забарвлення з запахом сірководню. В цій зоні дуже багато сапрофітної мікрофлори. Добре розвинені гетеротрофні організми: нитчасті бактерії (*Sphaerotilus*), сірчані бактерії (*Beggiatoa, Thiothris*), бактеріальні зооглеї (*Zoogloea ramigera*), найпростіші - інфузорії (*Paramecium putrinum, Vorticella putrina*), безбарвні джгутикові, олігохети (*Tubifex tubifex)*, водорості (*Polytoma uvella)* (рис. 6.1).

*Альфа-мезосапробна зона (αm).* В цій зоні починається аеробний розклад аеробний розклад органічних речовин з утворенням аміаку, міститься багато вугільної кислоти, кисень присутній у малій кількості. У воді і донних відкладах протікають окислювально-відновні процеси, залізо в закисній і окисній формах, мул сіруватого кольору. Тут розвиваються організми, які мають велику стійкість до нестачі кисню та і великого вмісту вугільної кислоти. Переважають рослинні організми з гетеротрофним та міксотрофним живленням. Кількість сапрофітних бактерій визначається десятками і сотнями тисяч в 1 мл. Окремі організми розвиваються в масі: бактеріальні зооглеї, нитчасті бактерії, гриби, з водоростей - осціллаторіі, стігеоклоніум, хламідомонас, евглена. Масово зустрічаються сидячі інфузорії (*Carchesium*), коловертки (*Brachionus*), багато забарвлених і безбарвних джгутикових. У мулах багато тубіфіцід (олигохет) і личинок хірономід (рис. 6.2). *Бета-мезосапробна зона (ẞm)*. Відмічається у водоймах, майже звільнених від нестійких органічних речовин, розклад яких дійшов до утворення окиснених продуктів (повна мінералізація). Концентрація кисню і вугільної кислоти сильно коливається на протязі доби, в денний час вміст кисню у воді доходить до пересичення і вугільна кислота може повністю зникати. В нічні години спостерігається дефіцит кисню в воді. В мулах багато органічного детриту, інтенсивно протікають окислювальні процеси, мул жовтого кольору. В цій зоні велике різноманіття рослинних і тваринних організмів (рис. 1.3). Масово розвиваються рослинні організми з автотрофним живленням, спостерігається цвітіння води багатьма представниками фітопланктону. В обростаннях – звичайні зелені нитчасті та епіфітні діатомеї, у мулах – черв’яки, личинки хірономід, молюски.

*Олігосапробна зона (о)*. Характеризує практично чисті водойми з незначним вмістом нестійких органічних речовин і невеликою кількістю продуктів їх мінералізації. Вміст кисню і вугільної кислоти не зазнає помітних коливань в денні і нічні години доби. Цвітіння водоростей, як правило не спостерігається.



Рис. 1.1. Організми полісапробної зони:

*1 – Zooglea ramigera; 2 – Sarcina paludosa; 3 – Chlorobacterium aggregatum; 4 – Sphaerotitus natans; 5 – Achromatitum oxaliferum; 6 – Trigonomonas compressa; 7 – Spirulina jennery; 8 – Sphaerotilus natans; 9 – Euglena viridis; 10 – Vorticella microstoma; 11 – Coenomorpha medusula; 12 – Trimyema compressa; 13 – Tetramitus pyriformis; 14 – Rotaria neptunia; 15 – Chromatium okenii; 16 – Oscilatoria putrida; 17 – Lamprocystis roseopersicina; 18 – Chironomus thummi; 19 – Saprodinium dentatum; 20 – Hexotricha caudata; 21 – Glaucoma scintillans; 22 – Tubifex rivulorum; 23 –Pelomyxa palustris; 24 – Paramaecium putrinum*

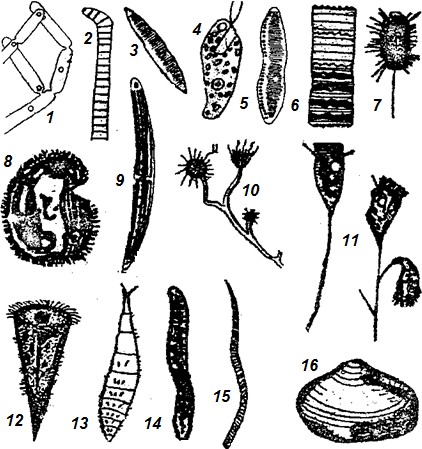


Рис. 1.2. Організми α-мезосапробної зони

*1 – Leptomitus lacteus; 2 – Oscillatoria Formosa; 3 – Nitzschia palea; 4 – Chilomonas paramaecium; 5 – Nintzschia ampioxys; 6 – Stephanodiscus hantzschii; 7 – Uronema marinum; 8 – Chilodonella uncinata; 9 – Closterium ocerosum; 10 – Anthophysa vegetans; 11 – Vorticella convallaria; 12 – Stentor coeruleus; 13 – Larve Stratiomus; 14 – Spirostonum ambiguum; 15 – Herpobrella atomapia; 16 – Sphaerium corneum*

В донних відкладах мало органічного детриту, автотрофних організмів і бентосних тварин (черв’яків, личинок хірономід, молюсків). Показниками значної чистоти води в цій зоні є деякі червоні водорості (*Thorea, Batrahospermum*) і водні мохи (рис. 1.4).

Необхідно пам’ятати, що окремі індикаторні організми, які взяті ізольовано, не можуть достатньо точно охарактеризувати ступінь забруднення води. Наприклад, при розкладі білків у господарсько-фекальних стоках накопичується сірка, внаслідок чого в цих водах можуть у великій кількості зустрічатися сіркобактерії (*Beggiatea, Triothrix*). Разом з тим, вказані бактерії живуть у воді мінеральних сірчаних джерел, абсолютно не вміщуючих органічних забруднень. Сіркобактерії є індикаторами сірки в воді, незалежно від того, якого походження ця сірка. Наведений приклад наочно ілюструє, що судити про ступінь забруднення вод з достатньою достовірністю можна лише за наявністю в останній ценозів, що характерні для тієї чи іншої зони сапробності, а не окремих, навіть індикаторних, організмів.

# Хід роботи

1. Збирають і фіксують біологічний матеріал фітопланктону із водойми, для якої необхідно оцінити зону сапробності.
2. Розглядають проби в мікроскоп і за допомогою гідробіологічних визначників встановлюють видову гідробіонтів.
3. Для індикації сапробності по фітопланктону користуються методом індикаторних організмів Пантле і Букка в модифікації Сладечка. Метод включає визначення відносної частоти зустрічі гідробіонтів (*h*) і їх індикаторної значимості (*S*). Визначення h проводять за оковимірювальною шкалою: 9,0 – у полі зору багато організмів; 7,0 – часто зустрічаються в кожному полі зору; 5,0 – нерідко; 3,0 – дуже зрідка; 1,0 – поодиноко.
4. Індикаторну значимість S і зону сапробності визначають за списком сапробних організмів.

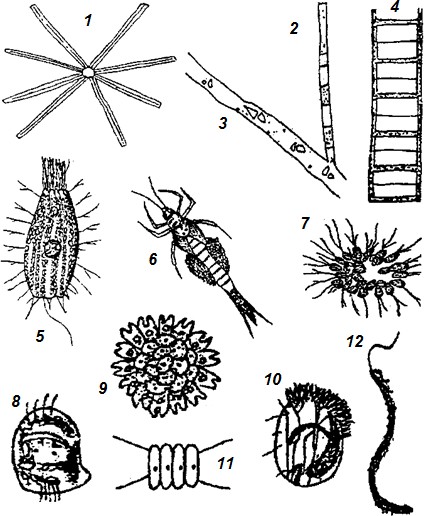


Рис. 1.3. Організми ẞ-мезосапробної зони

*1 – Asterionella Formosa; 2 – Oscillatoria rubescens; 3 – Jscillatoria redekii; 4 – Melorisa varians; 5 – Coleps hirtus; 6 – Larve Cloen dipterum; 7 – Uroglena volvox; 8 – Aspidisca lyncens; 9 – Pediastrum boruanum; 10 – Euplotes charon; 11 – Scenedesmus gvadricauda; 12 – Stylaria lacustris*

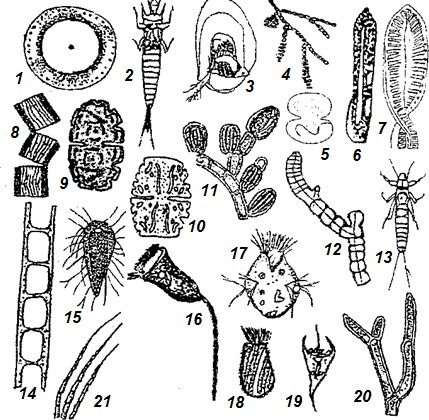


Рис. 1.4. Організми олігосапробної зони

*1 – Cuclotella bodanica; 2 – Larve oligoneuria rhenana; 3 – Holapedium gibberum; 4 – Fontinalis antipuretica; 5 – Staurastrum punctuaatum; 6 – Planaria gonocephana; 7 – Surirella spiralis; 8 0 Tobellaria flocculosa; 9 – euastrum obiongum; 10 – Micrasterias truncata; 11 – Bulbochaete mirabilis; 12 – Batrochospermum vagum; 13 – Larve Perla bipunnnnctata; 14 – Ulotrix zonata; 15 – Mallomonas caudata; 16 – Vorticella nebulifera vor. similis; 17 – Holtera currifera; 18 – Stombidinopsis gurans; 19 – Nothalka longispima; 20 – Cladophora glomerata; 21 – Lemanea annucata*

Індекс фітоіндикації за фітопланктоном розраховують згідно формули 1.1:

 (1.1)

Для статистичної достовірності необхідно, щоб у пробі було не менше 12 індикаторних видів загальною сумою зустрічаємості h=30 (*Protozoa, Rotatoria, Cyanophita*).

1. У тому випадку, коли в пробах, відібраних на одному місці, вивчається декілька різних груп біоценозу, розрахунок ведуть за формулою:

(1.2)

де fm – середній індекс; S1, S2, Sі – індекс сапробності окремих співтовариств (макрофлора, макрофауна, обростання), або декілька проб одного співтовариства; h1, h2, hi – суми значень частоти зустрічі окремих співтовариств або декількох проб одного співтовариства.

Величину індикаторної значимості визначають за даними табл. 1.1.

Таблиця 1

Індикаторна значимість організмів різних зон сапробності

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Індикаторні організми | S | Умовні позначення сапробної зони |
| Організми ксеносапробної зони | 0 | *χ* |
| Організми олігосапробної зони | 1 | *о* |
| Організми бета-мезосапробної зони | 2 | *ẞ* |
| Організми альфа-мезосапробної зони | 3 | *α* |
| Організми полісапробної зони | 4 | *ρ* |

Величина розрахованого індексу визначає зону сапробності, яка співвідноситься з класом якості води: 0,0-0,50 – ксеносапробна, І клас; 0,50-1,50 – олігосапробна, ІІ клас; 1,51- 2,50 – бета-мезосапробна, ІІІ клас; 2,50-3,50 – альфа- мезосапробна, IV клас; 3,51 – 4,00 – полісапробна, V клас.

***Обладнання, реактиви, матеріали:*** планктонна сітка; драга; донний черпак; сачок; склянки для доставки матеріалу в лабораторію; мікроскоп; предметні і покривні скельця; чашки Петрі; формалін 40% розчин.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

**ТЕМА: Біоіндикація токсичних речовин у воді**

**Теоретичні питання (підготувати презентації)**

1. Поняття токсичних речовин у водних середовищах: основні типи та джерела.
2. Гостра та хронічна токсичність: основні відмінності та методи дослідження.
3. Біомаркери токсичності у водних організмів.
4. Вплив важких металів та пестицидів на водну біоту.
5. Методи біоіндикації токсикантів у водних екосистемах.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Притула Н.М. Біоіндикація : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 141 с.
2. Хмелюк С. В., Хмелюк О. С., Карпушин Д. В. Методи біоіндикації екологічного стану водойм: Навч. посіб. К.: Вид-во НУБіП України, 2017. 160 с.

**Наукові статті на тему:**

* Біоіндикація токсикантів у водних екосистемах.
* Вплив важких металів на гідробіонтів.
* Біомаркери токсичності у водних організмів.
* Методи оцінки гострої та хронічної токсичності.
* Дослідження пестицидного забруднення водойм.
* Реакція водних рослин та риб на токсичний вплив.

# Лабораторна робота

**Оцінка якості водного середовища за біотичними індексами**

***Мета роботи:*** *Оволодіти методикою встановлення класу якості поверхневих вод за біотичними індексами*

# Основні поняття

Природні водойми дуже різняться одна від одної за якістю води. Одним із визнаних підходів до оцінки якості води є біоіндикація, при які використовують живі організми, що реагують на комплекс чинників середовища своєю наявністю або відсутністю, зміною зовнішнього вигляду, хімічним складом, поведінкою, ступенем розвитку. Класам якості поверхневих вод властиві певні характеристики і певний колір позначення на спеціальних картах якості води, що дозволяє наочно проілюструвати її екологічний стан.

*І клас* – *дуже чиста*. Колір на картах якості води блакитний. Вода подібної якості переважно відмічається у гірських річках та озерах, де вплив людини на природу ще надзвичайно малий. Вона містить незначну кількість біогенних елементів, добре насичена киснем, прозора до значних глибин (5-10 м), холодна. У водоймах з таким класом якості води серед водних рослин трапляються, переважно, водні мохи та харові водорості, які можуть рости на значних глибинах; серед донних безхребетних тварин – види надзвичайно чутливі до забруднення та вимогливі до високого вмісту кисню (веснянки, одноденки, деякі види волохокрильців).

*ІІ клас* – *чиста.* Колір на картах якості води зелений. У воді збільшується кількість біогенних елементів, але кисневий режим залишається досить сприятливим. Спостерігається високе видове різноманіття водоростей, молюсків, ракоподібних, личиник комах. Переважають зарості занурених рослин, які розповсюджені на значних площах акваторії.

*ІІІ клас* – *забруднена*. Колір на картах якості води жовтий. У таких водах значно збільшений вміст біогенних елементів, органічної речовини, внаслідок чого різко зростає біопродуктивність водойми. Наслідком цього є виникнення такого явища як «цвітіння» води за рахунок масового розвитку мікроскопічних водоростей, насамперед, синьо-зелених. Загальна чисельність видів рослин та тварин зменшується, але збільшується кількість видів, які витримують забруднення. Донні безхребетні представлені ракоподібними, волохокрильцями, трапляються водні клопи, жуки, п’явки, багато легеневих молюсків.

*IV клас* – *брудна*. Колір на картах якості води оранжевий. До цього класу належать дуже замулені водойми з поганим кисневим режимом, частими явищами задухи та низькою прозорістю води. Біорізноманіття водних організмів тут невисоке, лише деякі види макролітів здатні витримувати несприятливі екологічні умови; проте ті з них, які можуть тут існувати, досягають значної чисельності та біомаси. З рослин значного розвитку набувають ряски, кушир, серед донних безхребетних – личинки комарів-дзівнців та малощетинкові черви (олігохети).

*V клас* – *дуже брудна*. Колір на картах якості води червоний. Трапляється у водоймах, де концентрація розчиненого кисню вкрай низька (менше 10%), а в донних відкладах міститься сірководень. Водні рослини та донні макробезхребетні зазвичай відсутні або зустрічаються зрідка.

Серед методів, які ґрунтуються на використанні як індикаторних властивостей окремих видів, найбільш універсальними є метод Майера та метод Вудівісса.

# Хід роботи

## Визначенні індексу Майєра

1. На водоймі збирають біологічний матеріал макрозообентосу та сортують на групи, згідно з їх вибагливістю до екологічних умов, які наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Визначення індексу Майєра

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Мешканці чистих вод | Організми середнього ступеня чутливості | Мешканці забруднених вод |
| Личинки веснянок (*Plecoptera*) | Бокоплави (*Amphipoda*) | Личинки комарів- дзвінців (*Chironomidae*) |
| Личинки одноденок (*Ерheтerорtеrа*) | Річковий рак (*Astacus sp.*) | П'явки (*Hirudinea*) |
| Личинки волохокрильців (*Тrісhорtеrа*) | Личинки бабок (*Оdоnаta*) | Водяний віслючок (*Asellus aquaticus*) |
| Личинки вислокрильців (*Мegаlорterа*) | Личинки комарів-довгоніжок (*Tipulidae*) | Молюски -ставковики (*Gаstropoda, Lymnaea*) |
| Двостулкові молюски (*Віvаlviа*) | Молюски – котушки (*Gаstrороdа, РІаnоrbidае*) | Личинки мошки (*Diptera, Simulidae*) |
| Молюски - живородки (*Gаstrороdа, Viviparidае*) | Малощетинкові черви (*Оligochaetа*) |

1. Підраховують скільки груп знайдено в пробі з першого, другого та третього стовпчика таблиці.

* Кількість груп з першого стовпчика множать на 3, другого – на 2, третього – на 1. За сумою отриманих значень характеризують ступінь забрудненості водойми: більше 22 – вода належить до І класу якості; від 17 до 21 – до ІІ; від 11 до 16 до ІІІ; менше 11 – IV-V класів.

## Визначення індексу Вудівісса

1. На водоймі збирають біологічний матеріал макрозообентосу та сортують на умовні групи, згідно з їх індикаторної значимості (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Визначення якості води за макрозообентосом

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наявність певних таксонів тварин у пробі | Кількість видів певного таксону у пробі | Загальна кількість умовних "груп" організмів1 у пробі | | | | |
| 0-1 | 2-5 | 6-  10 | 11-  15 | 16 і > |
| Значення біотичного індексу | | | | |
| 1 | 2 | 3 | | | | |
| Наявні личинки веснянок (ряд *Plecopteraа*, клас -Комахи) | Більше одного виду | - | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Лише один вид | - | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Наявні личинки одноденок (ряд *Ерhemeroptera*, клас -Комахи) | Більше одного  виду2 | - | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Лише один вид2 | - | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Наявні личинки волохокрильців (ряд *Тrichoptera*, клас - Комахи) | Більше одного  виду3 | - | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Лише одинвид3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Наявні бокоплави (або гамариди) (ряд *Amphipoda*, клас- Ракоподібні) | Усі вище зазначені види відсутні | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Наявний водяний ослик (*Аsselus аguaticus*, ряд - *Isopoda*, клас - Ракоподібні) | Усі вище зазначені види відсутні | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Присутні тубіфіциди (*Oligohaeta*, Малощетинкові черви) та/або личинки  хірономід (*Chironomidae*) | Усі вище зазначені види відсутні | 1 | 2 | 3 | 4 | - |
| Усі вищезазначені групи відсутні | Можуть бути присутні види, невибагливі до вмісту кисню у воді | 0 | 1 | 2 | - | - |

Примітка: 1 - Умовні групи організмів які підлягають підрахунку; 1) усі види плоских червів, 2) усі види п'явок, 3) усі види водяних кліщів, 4) усі види молюсків, 5) усі види ракоподібних, 6) усі види личинок веснянок, 7) усі види личинок одноденок, 8) усі види личинок двокрилих, 9) усі види личинок жуків, 10) личинки *Baetis rhodani* (одноденка), 11) личинки *Chironomus thummi* (хірономіда), 12) личинки волохокрильців, 13) личинки всіх інших хірономід, 14) личинки симулід, 15) усі види личинок сітчастокрилих; 2 - Виключаючи личинку одноденки *Baetis rhodani;* 3 - *Baetis rhodani* включена в цей розділ.

1. Виходячи з наявності в пробі індикаторних організмів, визначають потрібний рядок таблиці. На перетині вибраного рядка та колонки, що вказує кількість виявлених організмів у пробі знаходиться значення біотичного індексу.

Наприклад, якщо у пробі знайдено 10 груп організмів, і знайдено личинки 2-х видів одноденок (крім *Baetis rhodani),* то біотичний індекс дорівнює 7. Якщо у пробі знайдено 5 груп організмів, але серед них немає личинок веснянок, одноденок та волохокрильців, а знайдено лише бокоплавів, то біотичний індекс дорівнює 4 і т. д.

1. Значення біотичного індексу приблизно відповідають певній сапробній зоні та класу вод за міжнародною класи- фікацією: 9-10 - дуже чисті ділянки водойми (блакитний колір, ксено- та олігосапробна зона, I-й клас води); 7-8 чисті або слабко забруднені (зелений колір, олігосапробна зона, II-й клас води); 5-6 - слабко забруднені (жовтий колір, бета-мезосапробна зона, III-й клас води); 3-4 забруднені (оранжевий колір, альфа- мезосапробна зона, IV-й клас води); 1-2 - брудні (червоний колір, полісапробна зона. V-VI клас води).
2. Після визначення індексів таксономічних груп, що наведені у табл. 2, розраховується індекс Вудівісса за формулою:

 (1.1)

де *Хі* – значення індексів індикаторних організмів; *n* – кількість вичавлених індикаторних організмів.

***Обладнання, реактиви, матеріали***: донний черпак; сачок; скребок; таз; пінцет; банки для сортування різних груп організмів.

**Питання до заліку**

* Поняття біоіндикації, її основні принципи та завдання
* Види та класифікація біологічних індикаторів у водних екосистемах
* Вплив екологічних факторів на стан водних екосистем
* Закон оптимуму та його екологічне значення
* Антропогенні фактори, що впливають на водні екосистеми
* Рівні біоіндикації: специфічна та неспецифічна біоіндикація
* Принципи добору біологічних показників для водної біоіндикації
* Методи оцінки забруднення водойм
* Типи забруднень водного середовища та їхні джерела
* Вплив фізичних, хімічних і біологічних забруднень на водойми
* Біоіндикація на молекулярному рівні: фізіологічні та біохімічні показники
* Основні методи оцінки клітинного рівня біоіндикації
* Методи визначення генетичних мутацій у водних організмів
* Анатомо-морфологічні зміни у водних організмів під впливом забруднень
* Організмовий рівень біоіндикації: зовнішні ознаки стресу у рослин і тварин
* Популяційний рівень біоіндикації: показники та методи оцінки
* Динаміка популяцій під впливом антропогенних стресорів
* Методи оцінки стану екосистемного рівня водойм
* Використання біоіндикації для аналізу стану біоценозів водойм
* Види макрофітів як біоіндикатори екологічного стану водойм
* Методика розрахунку макрофітного індексу (МІ)
* Оцінка якості води за складом та структурою макрозообентосу
* Методика визначення біотичного індексу Вудівісса
* Використання індексу Майера для оцінки стану водойм
* Використання фітопланктону як біоіндикатора трофічного стану водойм
* Індикаторні властивості фітопланктону: основні групи і значення
* Роль цвітіння води у визначенні екологічного стану водойм
* Використання риб для оцінки екологічного стану водних екосистем
* Методи спостереження за змінами у поведінці риб у забруднених водах
* Використання біомаркерів стресу у риб для моніторингу якості води
* Інтегральні індекси якості води: біотичний індекс, індекс Шеннона
* Розрахунок індексу різноманіття та його інтерпретація
* Порівняння методів розрахунку інтегральних індексів якості води
* Основні види токсикантів у водних екосистемах
* Методи біоіндикації токсичних речовин у водоймах
* Біомаркери токсичності: принципи застосування у водних екосистемах
* Вплив кліматичних змін на водні екосистеми
* Адаптація водних організмів до змін клімату
* Зростання частоти цвітіння води під впливом кліматичних змін
* Методи екологічного моніторингу стану водних ресурсів
* Використання сучасних технологій для моніторингу якості води
* Роль ГІС-технологій у моніторингових дослідженнях водойм
* Автоматизовані системи для визначення екологічного стану водойм
* Роль молекулярних методів у біоіндикації забруднення водойм
* Визначення стану водойм із використанням інноваційних підходів
* Екологічні наслідки впливу інвазивних видів на місцеву біоту
* Методи управління інвазивними видами у водних екосистемах
* Особливості застосування біоіндикації у різних типах водойм
* Порівняння біологічних і хімічних методів моніторингу якості води
* Розробка рекомендацій щодо управління водними ресурсами на основі біоіндикаційних досліджень

**Теми наукових статей**

* Порівняльний аналіз методів біоіндикації якості води у природних водоймах.
* Використання макрозообентосу для оцінки антропогенного впливу на водні екосистеми.
* Біоіндикація евтрофікації водойм за допомогою фітопланктону.
* Роль макрофітів у біологічній оцінці якості водного середовища.
* Токсикологічні методи оцінки якості води з використанням тест-організмів.
* Застосування біотичних індексів для моніторингу стану водних об’єктів.
* Вплив важких металів на водні організми та методи їх біоіндикації.
* Оцінка якості води за показниками первинної продуктивності фітопланктону.
* Біологічний моніторинг як метод контролю водних ресурсів у промислових районах.
* Екологічна оцінка забруднення водойм пестицидами та їх біоіндикація.
* Використання риб у якості біоіндикаторів для моніторингу водойм.
* Біоіндикація впливу сільськогосподарських стоків на водні об'єкти.
* Вплив температурних змін на біоіндикаційні процеси у водоймах.
* Оцінка хімічного та органічного забруднення води за допомогою дафній.
* Біоіндикація токсикантів у водному середовищі за допомогою бактерій.
* Визначення рівнів сапробності води за структурою макрозообентосу.
* Роль планктонних організмів у біоіндикації трофічного статусу водойм.
* Вплив хімічного забруднення на біорізноманіття водних екосистем.
* Вивчення адаптації гідробіонтів до підвищених концентрацій токсикантів.
* Моніторинг якості води в умовах кліматичних змін за допомогою біоіндикаторів.
* Оцінка токсичності води на основі біомаркерів у риб.
* Біоіндикація нафтопродуктів у водоймах за допомогою водоростей.
* Структура зоопланктону як показник забруднення водних об'єктів.
* Молекулярно-біологічні методи у біологічному моніторингу води.
* Використання фітопланктону для оцінки ефективності водоочисних споруд.
* Біоіндикація радіоактивного забруднення у водних екосистемах.
* Оцінка кисневого режиму водойм за допомогою біоіндикаторів.
* Використання сапробіологічних систем для оцінки якості річкової води.
* Роль мікробіоти у самоочищенні водних екосистем.
* Біоіндикація сезонних змін якості води у природних водоймах.
* Вплив урбанізації на гідробіоценози водних об’єктів.
* Розробка інтегрованих методів біоіндикації для комплексного оцінювання стану води.
* Біоіндикація пестицидного забруднення на основі росту водних рослин.
* Аналіз стійкості гідробіонтів до токсичних речовин у водоймах.
* Біоіндикація забруднення важкими металами на прикладі молюсків.
* Вплив промислових скидів на структуру гідробіоценозів водойм.
* Біологічна оцінка якості води за різноманіттям макрозообентосу.
* Сучасні підходи до біоіндикації у водоймах з антропогенним навантаженням.
* Використання біоіндикаторів для моніторингу якості води в штучних водоймах.
* Оцінка якості питної води на основі біотестування.
* Біоіндикація впливу мікропластику на водні організми.
* Оцінка токсичності води з використанням лускатих риб як індикаторів.
* Використання макрофітів для біоіндикації забруднення фосфатами та нітратами.
* Визначення біорізноманіття водних екосистем як індикатора їхнього стану.
* Вплив антропогенного навантаження на якість води в річкових системах.
* Методи оцінки гострої та хронічної токсичності води у лабораторних умовах.
* Стійкість водоростей до забруднювачів як інструмент біоіндикації.
* Використання гідробіонтів для оцінки радіаційного забруднення водного середовища.
* Біоіндикація забруднення води поліциклічними ароматичними вуглеводнями.
* Оцінка ефективності заходів з очищення води за допомогою біологічного моніторингу.