

Державний вищий навчальний заклад  
«Запорізький національний університет»  
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

К.О. Домбровський

## МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ГІДРОСФЕРИ

Навчально-методичний посібник  
до лабораторних робіт  
для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»  
напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього  
середовища та збалансоване природокористування»

Затверджено  
вченою радою ЗНУ  
Протокол № від . .2012 р.

Запоріжжя  
2013

УДК 556: 52-836 (075.8)

ББК Д22 я 73

Д 661

Домбровський К.О. Методи прогнозування стану гідросфери: навчально-методичний посібник до лабораторних робіт для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». – Запоріжжя: ЗНУ, 2013. – 91 с.

Навчально-методичний посібник до лабораторних робіт з дисципліни «Методи прогнозування стану гідросфери» призначений для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Він містить завдання для виконання та методику проведення досліджень, питання для самопідготовки та самоконтролю. У посібнику передбачені питання до модульних контрольних робіт, тестові завдання, окремо надано теми до виконання індивідуальних завдань.

Рецензент

*к.б.н., доц. Н.І. Лебедева*

Відповідальний  
за випуск

*д.б.н., проф. О.Ф. Рильський*

## ВСТУП

Навчальна дисципліна «Методи прогнозування стану гідросфери» за статусом належить до курсу, що вибирається навчальним закладом освіти. Курс «Методи прогнозування стану гідросфери» є необхідною складовою частиною вивчення загальноекологічних дисциплін і складає теоретичну основу отримання систематичних знань в цілому для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напрямку підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Він дає можливість отримати знання з гідроекології та є підґрунтям для вивчення інших нормативних і вибіркових дисциплін.

Курс складається з двох змістових модулів:

1. Водна екосистема та взаємовідношення гідробіонтів з довкіллям. (Зоопланктон, бентос, перифітон – як складові водної екосистеми).
2. Гідробіологічні методи оцінки стану водних екосистем та якості води.

Мета курсу – надати студентам загальне уявлення щодо структурно-функціональної організації гідробіоценозів водних екосистем та ознайомити з основними гідробіологічними методами для дослідження і аналізу стану гідросфери. Метою лабораторних робіт є засвоєння отриманих знань студентами, які можуть знадобитися їм як фахівцям при роботі на підприємствах або в організаціях та інших структурах національного господарства. Основна увага при викладанні дисципліни приділяється питанню щодо сучасної екологічної оцінки водних екосистем їх раціональному використанні та відновленні. Розглядаються також питання щодо вивчення видового складу гідробіоценозів водних екосистем їх кількісних характеристик та структурної організації.

Такий напрямок дозволить майбутнім фахівцям добре орієнтуватися в галузі сучасної гідроекології; аналізувати та робити адекватні висновки при оцінці екологічного стану водних екосистем, прогнозувати зміни в конкретних водних об'єктах та попереджувати негативні наслідки, раціонально використовувати, зберігати та відновлювати водні ресурси.

Завдання курсу полягають у вивченні водних екосистем як структурно-функціональної складової біосфери, структури гідробіоценозів, основних положень продукційної гідроекології, основних методів прогнозування стану водних екосистем за різними групами гідробіонтів, методів оцінки якості природних вод та процесів самоочищення водних екосистем, з'ясування особливостей функціонування гідросфери. Розраховано для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напрямку підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

## Змістовий модуль I

### ВОДНА ЕКОСИСТЕМА ТА ВЗАЄМОВІДНОШЕННЯ ГІДРОБІОНТІВ З ДОВКІЛЛЯМ. (ЗООПЛАНКТОН, БЕНТОС, ПЕРИФІТОН – ЯК СКЛАДОВІ ВОДНОЇ ЕКОСИСТЕМИ)

#### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

**Тема:** Зоопланктон – як складова водної екосистеми.

**Мета:** Навчитися визначати видовий склад, чисельність і біомасу зоопланктону та характеризувати його структуру.

**Обладнання та матеріали:** гідробіологічні проби зоопланктону, мікроскопи, чашки Петрі, предметні та покривні скельця, камера Богорова, хімічні проградуйовані склянки, колби та піпетки різного об'єму, гумові груші, пеніцилінові пляшечки, штемпель-піпетки (дозатори), окуляр-мікромір, дистильована вода для розведення проби, плакати, визначники організмів зоопланктону.

**Теоретичний мінімум.** Планктон – це екологічне угруповання мешканців товщі води, які характеризуються відносно слабою рухливістю та не можуть активно протидіяти течії. До його складу входять представники різних груп водних організмів, яким характерні адаптації, що відповідають законам плавання та ширяння.

Представників планктону поділяють за розмірами на:

1. Мегалопланктон – представники мають розміри більш за 1 метр. Сюди відносять ряд морських організмів, наприклад, медуза *Cyanea arctica* має діаметр купола до 2 метрів.
2. Макропланктон – розміри 1-100 см. До нього належить більша частина медуз, ряд вищих ракоподібних.
3. Мезопланктон – розміри 1-10 мм. Сюди входять різні групи ракоподібних (веслоногі, гіллястовусі), личинки багатьох донних безхребетних.
4. Мікропланктон – розміри 0,05-1 мм. До нього відносять основну частину фітопланктону, коловороток, деяких найпростіших.

5. Нанопланктон – розміри менші за 0,05 мм. Це бактерії, джгутикові, деякі водорості тощо.

Планктон має певну екологічну та трофічну структуру, завдяки чому стає можливим здійснення біологічної оцінки та моніторингу якості вод.

За таксономічною приналежністю планктон поділяють на три групи:

1. Бактеріопланктон – планктон мікроорганізмів.
2. Фітопланктон – планктонні водорості.
3. Зоопланктон – планктонні безхребетні тварини.

Під **зоопланктоном** найчастіше мають на увазі *мезопланктон* – сукупність водяних тварин мезо- і частково мікророзміру (від 0,2 до 3,5 мм), що пасивно дрейфують (ширяють) у водній товщі. На протязі всього минулого століття тривали наукові суперечки щодо того, що вважати планктоном, а що ні, які організми є справжніми планктонними, а які такими, що випадково потрапили до його складу і тому не повинні бути врахованими. Широке розуміння поняття «планктон» веде до уявлення про нього як про угруповання або зооценоз, яке населяє біотоп товщі води, тобто про сукупність всіх без винятку організмів, відловлених у воді.

При вузькому тлумаченні цього терміну беруться до уваги тільки ті гідробіонти, які мають морфо-функціональні та етологічні пристосування до життя в товщі води, інакше кажучи, є представниками планктичної (пелагічної) життєвої форми. Інша справа, що для відображення екологічного різноманіття зоопланктонного угруповання, його поділяють на різні частини – *облігатний (постійний), факультативний (тимчасовий) і випадковий зоопланктон*, або на різні екологічні групи, основними з яких є *придонно-фітофільна, прибрежно-фітофільна та пелагічна*.

Традиційно до зоопланктону прісних вод відносять представників трьох великих таксономічних груп, які вважаються основними – класу коловороток (*Rotatoria*) з типу круглих або первиннопорожнинних черв'яків і двох таксонів класу ракоподібних з типу членистоногих – підряду гіллястовусих (*Cladocera*) і ряду веслоногих (*Copepoda*) з трьома підрядами (*Calanoida*, *Cyclopoida* і *Harpacticoida*). Також у

складі зоопланктону враховують гідробіонтів з декількох додаткових груп: підкласу черепашкових ракоподібних і личинок деяких двостулкових молюсків – велігерів дрейсен і глохідіїв уніонід, яким властивий планктичний спосіб життя.

Іноді до зоопланктону включають нібито зовсім не характерних для нього безхребетних, але яким насправді властива гетеротопність, тобто здатність до зміни місцеперебування: черепашкових кореніжок, турбеларій, нематод, олігохет, личинок хірономід – чийм постійним біотопом є ґрунт або водяна рослинність.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання № 1.** Визначення видового складу та чисельності зоопланктону.

Після визначення видової приналежності всіх організмів зоопланктону в пробі за допомогою визначників необхідно підрахувати кількість особин кожного виду під час перегляду їх під мікроскопом або біокуляром. Отримані дані з кількісного розвитку зоопланктону звичайно представляються в перерахунку на одиницю об'єму води, найчастіше – на кубічний метр, рідше – на кубічний дециметр, або літр. При відборі проби шляхом фільтрування води через планктонну сітку Апштейна загальна кількість зоопланктону в  $1 \text{ м}^3$  розраховується за формулою:

$$X = n \cdot 1000 / V; \quad (1.1)$$

де  $X$  – чисельність зоопланктону в  $1 \text{ м}^3$ ;  $n$  – чисельність організмів зоопланктону в пробі;  $V$  – об'єм профільтрованої води в літрах.

**Завдання № 2.** Визначення біомаси зоопланктону.

Для визначення біомаси зоопланктону в пробі, чисельність кожного виду перемножується на його індивідуальну масу, а одержані біомаси видів підсумовуються. Для отримання індивідуальних мас існує кілька шляхів. Найчастіше використовується стандартні індивідуальні маси, представлені в літературі або існуючі в рукописному вигляді в більшості

наукових закладів. В останній час все більшого поширення набуває розрахунковий спосіб (лічильно-ваговий метод), що базується на застосуванні співвідношення між довжиною тіла зоопланктонного організму та його масою. Внаслідок того, що щільність тіла тварин близька до  $1 \text{ мг/мм}^3$ , залежність маси від довжини тіла може бути виражена формулою:

$$W = ql^b; \quad (1.2)$$

де  $W$  – маса (у міліграмах сирової ваги);  $l$  – довжина (мм);  $q$  – маса при довжині, що дорівнює 1 мм;  $b$  – показник міри.

При ізометричному рості  $b = 3$ , при алометричному рості показник  $b$  буде більше або менше 3.

Для розрахунку індивідуальної маси коловерток використовується рівняння ізометричного росту ( $b = 3$ ). Значення  $q$  для формули (1.2) наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Значення  $q$  для визначення індивідуальної маси коловерток

Род	$q$	Род, вид	$q$
<i>Asplanchna</i>	0,23	<i>Keratella quadrata</i>	0,22
<i>Brachyonus</i>	0,12	<i>K. cochlearis</i> (з шипом)	0,02
<i>Conochilus</i>	0,26*	<i>Notholca</i> (без зубців)	0,035
<i>Collotheca</i> ***	0,18**	<i>Polyarthra</i>	0,28
<i>Euchlanis</i>	0,10	<i>Pompholix</i>	0,15
<i>Filinia</i>	0,13	<i>Synchaeta</i>	0,10
<i>Hexathra</i>	0,13	<i>Testudinella</i>	0,08
<i>Kellicottia</i> (без шипа)	0,03	<i>Trichocerca</i> (без шипа)	0,52

Примітки: 1. \* – замість  $l^3$  використовують  $ld^2$ ,

де  $d$  – ширина тіла;

2. \*\* – замість  $l^3$  використовують  $d^3$ ;

3. \*\*\* – без домівки.

Для деяких представників веслоногих ракоподібних масу організму розраховують відповідно формулі алометричного



росту, для цього необхідно знати показники  $q$  і  $b$  дивись таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Значення  $q$  і  $b$  для визначення індивідуальної маси наупліїв копепод за формулою  $W = q1^b$

Вид	$q$	$b$
<i>Eurytemora velox</i>	0,0321	2,235
<i>Acanthocyclops americanus</i>	0,0275	2,088
<i>Cyclops vicinus</i>	0,0593	2,510
<i>Eucyclops serrulatus</i>	0,0657	2,498
<i>Mesocyclops crassus</i>	0,0741	2,617
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	0,0697	2,595

Для визначення маси наупліїв веслоногих ракоподібних, то при цьому враховують що їх питома вага дорівнює 1:

$$V = 4/3\pi \cdot a \cdot b \cdot c; \quad (1.3)$$

де  $V$  – об'єм ( $\text{мм}^3$ );  $a$ ,  $b$ ,  $c$  –  $1/2$  довжини, ширини і висоти тіла ( $\text{мм}$ ).

Розрахунок індивідуальної маси дорослих веслоногих і гіллястовусих ракоподібних проводять шляхом застосування формули алометричного росту, де показник міри  $b$  не дорівнює 3, таблиця 1.3.

Таблиця 1.3 – Значення  $q$  і  $b$  для визначення індивідуальної маси дорослих копепод і кладоцер за формулою  $W = q1^b$

Родина, ряд, рід, вид	$q$	$b$
<b>Родина:</b>		
<i>Sididae</i>	0,068	3,019
<i>Daphniidae</i>	0,075	2,925
<i>Macrothricidae, Chydoridae</i>	0,140	2,723
<b>Ряд:</b>		
<i>Cyclopoida</i>	0,037	2,762
<i>Calanoida</i>	0,037	2,805

Продовження таблиці 1.3

<b>Роди, види:</b>		
<i>Daphnia</i>	0,075	2,925
<i>Simoccephalus</i>	0,075	3,170
<i>Ceriodaphnia</i>	0,141	2,766
<i>Scapholeberis</i>	0,133	2,630
<i>Chydorus</i>	0,203	2,771
<i>Alona, Alonella</i>	0,091	2,646
<i>Bosmina</i>	0,176	2,975
<i>Sida crystallina</i>	0,074	2,727
<i>Acantocyclops</i>	0,039	3,156
<i>Mesocyclops</i>	0,034	2,924
<i>Cyclops strenuus</i>	0,039	2,313
<i>C. vicinus</i>	0,034	2,838
<i>C. scutifer</i>	0,031	2,515
<i>Macrocyclus albidus</i>	0,045	2,750

Слід пам'ятати, що в планктології при опрацюванні проб лічильно-ваговим методом звичайно не треба намагатись отримати абсолютно точні цифри. Справа в тому, що точність лабораторної обробки має бути адекватною точності польового збору матеріалу, тобто не повинна перевищувати її, а проби зоопланктону, відібрані в одній точці та в один і той же час, можуть суттєво розрізнитись між собою за кількістю відловлених особин (в 1,5-2,0 рази). Це обумовлюється природною нерівномірністю розподілу зоопланктону в товщі води та його постійними переміщеннями та міграціями. Найголовнішою умовою є дотримання однотипності як методів відбору, так і методів обробки проб.

#### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Морфо-екологічні особливості пристосування зоопланктону до існування у товщі води.
2. Методи відлову прісноводного зоопланктону.
3. Місце зоопланктону в ланцюгах живлення.
4. Класифікація екологічних груп зоопланктону.

**Контрольні питання:**

1. Типи кількісних планктонних сіток та особливості їх застосування.
2. Методи підрахунку чисельності зоопланктону.
3. Методи підрахунку біомаси зоопланктону.
4. Систематичні ознаки та особливості визначення представників класу *Rotatoria*.
5. Систематичні ознаки та особливості визначення представників ряду *Cladocera*.
6. Систематичні ознаки та особливості визначення представників підкласу *Copepoda*.

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2**

**Тема:** Бентос – як складова водної екосистеми.

**Мета:** Навчитися визначати видовий склад, чисельність і біомасу макрозообентосу та характеризувати його структуру.

**Обладнання та матеріали:** гідробіологічні проби макрозообентосу, мікроскопи, чашки Петрі, предметні та покривні скельця, препарувальні голки, фільтри паперові, піпетки різного об'єму, пеніцилінові пляшечки, торсійні та аналітичні ваги, плакати, визначники донних організмів.

**Теоретичний мінімум:** Макрозообентосом, або донною чи бентичною макрофауною називають безхребетних тварин завбільшки 5 мм, що живуть на поверхні та товщі ґрунту (у бенталі) водойм різного типу. Крім макрозообентосу виділяють мікрозообентос (менші за 0,5 мм), мейзообентос (0,5-10,0 мм), мезозообентос (1,5-2,0 мм), та іноді мега(ло)зообентос. Слід зазначити, що границі цих груп досить умовні; строгої, загальноприйнятої класифікації немає.

Донну макрофауну підрозділяють також на *інфауну*, організми, що мешкають у товщі ґрунту, *онфауну* – тварини, що перебувають на поверхні донних відкладень та *епіфауну* – безхребетних, що живуть на поверхні твердого субстрату (камінні, занурених стеблах вищих водяних рослин, черепашках відмерлих молюсків тощо). Донні безхребетні внутрішніх водойм заселяють переважно верхні шари донної товщі,

занурюючись на 20-30, винятково на 50 см у рідкі мули. На більш твердих субстратах глибина проникнення тварин зовсім невелика: 1-5 см для твердих глин та глинисто-піщаних ґрунтів.

За біологічними особливостями життєвого циклу бентосні організми розділяють на дві групи: організми, пов'язані з донним середовищем протягом всього життя (*перманентна фауна*), та тварин, що живуть на дні лише на протязі деяких стадій свого розвитку (*темпоральна фауна*). Останні – гетеротопні організми, які в своєму життєвому циклі змінюють одне середовище на інше (ґрунт та вода), а також тварини, частина життєвого циклу яких проходить поза межами водного середовища – амфібійні види личинок комах, бабок, одноносок, комарів-дзвінців тощо.

*Методи гідробіологічних досліджень донних безхребетних.*

Збір гідробіологічного матеріалу необхідно проводити у різні вегетаційні сезони протягом року. Під час відбору матеріалу використовують гідробіологічні сачки-скребки (діаметр обруча сачка-скребка – 20-25 см) якими більш зручніше відбирати проби на мілководних ділянках водойм та водотоків на глибині до 1,0-1,5 м. На кожній станції треба відбирати по дві – три проби гідробіологічним сачком-скребком.

При промивці проб макрозообентосу використовують систему сит із дрібною сіткою (діаметр ячеї 40 мкм) або планктонні сітки з млинового гасу (№ 19-23). Піщаний ґрунт збовтують, потім воду із зависсю багаторазово промивають крізь сито (млиновий гас № 34-38). Промитий від залишків ґрунту відібраний матеріал фіксують 4% розчином формальдегіду, в деяких випадках (при вивченні ракоподібних, червононогих і двостулкових молюсків) – 70° розчином етилового спирту з доповненням 4% розчину формальдегіду.

Також можна використовувати інші фіксатори, але у всіх випадках фіксатору повинно бути більше в 10 разів ніж донних безхребетних, яких фіксують. Зафіксований матеріал зберігають у темряві, бо тимчасове перебування деяких безхребетних макрозообентосу на світлі призводить до зникнення їх пігментації (наприклад у олігохет).

Подальшу камеральну обробку гідробіологічного матеріалу проводять в лабораторії, де виконують подальший розбір організмів макрзообентосу за типами, класами, порядками, тощо. Розбір донних безхребетних виконують пінцетом. Якщо проба містить значну кількість рослинних залишків, то донних безхребетних вилучають методом флотації, використовуючи насичений розчин хлориду натрію. Пробу з організмами частинами поміщають до насиченого розчину солі соляної кислоти, а потім безхребетних, які підіймаються до поверхні відбирають сіточкою. Після чого ґрунт розбирають звичайним способом, так як молюски та заплутані у рослинних залишках олігохети не підіймаються до поверхні.

Попередню ідентифікацію організмів необхідно проводити з використанням мікроскопу МБС-9. При цьому здійснюють кількісний облік і визначення до виду крупних форм. Кінцеве визначення всіх зустрінутих в пробах представників макрзообентосу виконують з використанням біологічного мікроскопу «Біолам Р-14» на фіксованому матеріалі.

Безхребетних із кожної таксономічної групи визначають до виду, вимірюють їх розміри та масу. Масу тварин наприклад, олігохет, гамарид, личинок комах та інших визначають шляхом зважування на торсійних вагах, або – на аналітичних вагах, після їх висушування фільтрувальним папером. У личинок водних комах (наприклад, комарів-дзвінців, одноподок, волохокрильців) для визначення стадії розвитку вимірюють ширину головної капсули. Чисельність та біомасу донних безхребетних перераховують на площу 1 м<sup>2</sup> дна водойми.

Вимір температури води в поверхневому шарі водойми проводять каліброваним ртутним термометром із ціною поділки 0,1-0,5°C. Термометр занурюють у воду не менш ніж на одну третину шкали і витримують у зануреному стані не менше 5 хвилин. Не виймаючи термометра з води проводять відлік показань (із точністю до половини мінімальної поділки шкали). Температуру води глибинних шарів визначають або звичайним ртутним термометром, укріпленим на відбірнику зразків, або сповільнюють зміну показників температури, заліпивши кінець термометра 5 мм шаром пластиліну. При дослідженні теплового забруднення водойми, визначають температуру води в декількох

місця: у стічних водах у 50-100 м вище місця скидання; безпосередньо в зоні змішування вод; у 50-100 м нижче місця скидання.

Визначення глибини проводять перед відбором гідробіологічного матеріалу на кожній станції відбору проб. Глибину вимірюють ручним лотом, капроновий трос якого розмічають через один метр.

Результати обробки проб є первинним матеріалом для розрахунку, порівняння та узагальнення відносного складу, чисельності, біомаси, ролі окремих видів та груп організмів макрозообентосу. При цьому розраховують середні величини чисельності та біомаси, які визначають як середньо арифметичні показники, де зустрічався зазначений вид протягом періоду дослідження. Для кожного виду визначають також зустрічальність, що виражає відсоток проб, де був зустрінутий вид, від загальної кількості проб, які було відібрано протягом всього періоду досліджень на певній станції. Цей показник розраховують за формулою:

$$P = (m / n) 100\%, \quad (2.1)$$

де  $m$  – кількість проб (станцій) на яких зустрічався даний вид;

$n$  – загальна кількість проб (станцій).

Для визначення домінуючих видів макрозообентосу розраховують індекс домінування для кожного виду угруповання, використовуючи показники їх біомаси та зустрічальності за формулою:

$$D = \sqrt{p} \times b, \quad (2.2)$$

де  $p$  – зустрічальність певного виду;  $b$  – середня біомаса певного виду.

Подібність видового складу макрозообентосу можна визначати – за Серенсенем і розраховують за формулою:

$$I_{cs} = 2 \times a \times 100 / (b + c), \quad (2.3)$$

де  $a$  – число видів, спільних для обох списків;  
 $b$  – число видів у 1-му списку, які відсутні у 2-му списку;  
 $c$  – число видів 2-го списку, які не зареєстровані у 1-му списку.

Уявність щодо стану окремих популяцій і угруповань гідробіонтів можливо одержати аналізуючи їх екологічні характеристики, які визначаються різними індексами та залежностями.

Оцінку складності структури угруповань макрзообентосу досліджених водойм і ступеня їх різноманітності проводять з використанням інформаційного показника – індексу Шеннона (за чисельністю), величина якого залежить від кількості видів у спільноті та їх розподілу за окремими видами.

## **ХІД РОБОТИ**

**Завдання № 1.** Визначення видового складу макрзообентосу верхів'я Каховського водосховища та малої річки Мокра Московка.

**Завдання № 2.** Встановлення чисельності та біомаси макрзообентосу досліджених водойм та водотоків.

**Завдання № 3.** Для досліджених угруповань макрзообентосу встановити домінуючі види, зустрічальність гідробіонтів, а також подібність донних фаун гідробіонтів верхів'я водосховища та малої річки.

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Роль кисню у життєдіяльності гідробіонтів.
2. Евригалінні і стеногалінні гідробіонти.
3. Особливості гідробіоценозів та методи їх вивчення.
4. Пристрої для відбору якісних і кількісних проб бентосу.

**Контрольні питання:**

1. Ознаки визначення представників таких груп *Gastropoda*, *Bivalvia*, *Oligochaeta*, *Gammaridae*, *Isopoda*, *Corophiidae*, *Mysidacea*, *Hirudinea*, *Coleoptera*, *Heteroptera*, *Chironomidae*, *Odonata*, *Trichoptera*, *Megaloptera*, *Ephemeroptera*.
2. Основні представники літорального макрозообентосу, що належать до *Gastropoda*, *Bivalvia*, *Oligochaeta*, *Gammaridae*, *Isopoda*, *Corophiidae*, *Mysidacea*, *Hirudinea*, *Coleoptera*, *Heteroptera*, *Chironomidae*, *Odonata*, *Trichoptera*, *Megaloptera*, *Ephemeroptera*.
3. Методи підрахунку чисельності та біомаси макрозообентосу.

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3**

**Тема:** Перифітон – як складова водної екосистеми.

**Мета:** Навчитися визначати видовий склад, чисельність і біомасу зооперифітону та характеризувати його структуру.

**Обладнання та матеріали:** гідробіологічні проби зооперифітону, мікроскопи, чашки Петрі, предметні та покривні скельця, препарувальні голки, фільтри паперові, піпетки різного об'єму, пеніцилінові пляшечки, торсійні та аналітичні ваги, плакати, визначники донних організмів.

**Теоретичний мінімум:** Перифітон – це екологічне угруповання організмів, що мешкають на розділі фаз «твердий субстрат-вода». Субстрат може бути штучним або ж природнім (каміння, деревина, рослинність). Ці організми можуть мати вигляд твердих обростань різних субстратів – днищ кораблів, трубопроводів, водозабірних споруджень, занурених у воду конструкцій, каменів, скель, поверхні тіла морських тварин. Твердий субстрат за розмірами більший організмів і може мати різне положення у водоймищі. Знаходячись у воді вони повинні знаходитись в умовах протидії накопичення на них зважених речовин із товщі води, тобто знаходитись за процесами трансформації перифіталі в бенталь.

Сукупність організмів різних трофічних рівнів формує своєрідний біоценоз, що характеризується специфічними



взаєминами між представниками окремих систематичних груп. Серед прикріплених організмів можна спостерігати вільноплаваючих або повзаючих гідробіонтів.

Перифітонти розмножуються переважно з утворенням вільноплаваючих стадій (спори, планктонні личинки), що сприяють їхньому розселенню у водоймах. До складу перифітону входять діатомові й інші водорості, гриби, найпростіші, губки, моховатки, черви, моллюски, гіллястовусі раки та інші безхребетні. Спочатку субстрати покриваються слизовою плівкою з мікроорганізмів. Потім на них осідають личинки й дорослі форми безхребетних. Покрив з організмів, що прикріплюються, полегшує знаходження в перифітоні рухливих форм. Шорсткуваті субстрати заселяються швидше гладких (зручність прикріплення), а горизонтальні інтенсивніше вертикальних (менший змив водою, осідання детриту зверху, природне положення тіла); верхні поверхні звичайно заселяються сильніше нижніх (менше нагромадження детриту, більший змив); максимум обростання спостерігається на деякій глибині, де умови освітлення та інші абіотичні фактори найбільш сприятливі для розвитку перифітону.

Швидкість заселення субстратів, зокрема, мікроорганізмами тісно корелює з їхньою концентрацією в планктоні й температурою води; наростання чисельності й біомаси припиняється після досягнення деяких меж у результаті відмирання й відриву частини перифітонтів.

До угруповання зооперифітону входять мікроскопічні найпростіші, великі одинокі або колоніальні тварини. Основну роль в структурній організації перифітону відіграють прикріплені організми, які можуть прикріплятися тимчасово (гіллястовусі раки, гідри) або постійно (губки, двостулкові моллюски). Перифітон поділяється на мікрообростання (або біоплівку), фітоперифітон, зоообростання.

Пристаосування гідробіонтів до перифітонного способу життя зводяться насамперед до розвитку засобів утримання на твердому субстраті, захисті від поховання осідаючою суспензією, до вироблення найбільш ефективних способів пересування. Украй характерні для організмів перифітону пристосування до тимчасового переходу до планктонного

способу життя. Це дає можливість малорухомим формам переміщуватись на значні відстані для розселення або зміни біотопів.

*Утримання на твердому субстраті.* Для організмів перифітону – це істотне збереження своєї приуроченості до того або іншого біотопу всупереч різним силам зсуву (руху води, гравітаційні сили й ін.). Протистояння переміщенням досягається підвищенням питомої ваги, прикріпленням до субстрату, заглибленням у нього і деякими іншими способами.

Прикріплення до субстрату спостерігається в багатьох організмів: рослин, найпростіших, губок, кишковопорожнинних, черв'яків, молюсків й голкошкірих, причому воно може бути тимчасовим або постійним. У першому випадку організми можуть багаторазово змінювати місця прикріплення протягом життя (п'явки, актинії, молюски та ін.). При постійному прикріпленні організми не можуть довільно змінювати місце свого знаходження (губки, моховатки, устриці, гіллястовусі раки та ін.).

Заглиблення в субстрат здійснюється у формі часткового або повного закопування в ґрунт, а також зануренням у тверді породи шляхом їхнього висвердлювання й проточування. Здатність закопуватися в ґрунт притаманна багатьом молюскам, голкошкірим, більшості олігохет і поліхет, личинкам багатьох комах і, навіть, деяких риб. До тимчасового закопування в ґрунт пристосувалися багато крабів, креветки, головоногі молюски, морські зірки, деякі риби (наприклад, камбала). Занурюються в тверді субстрати, руйнуючи їх механічно або хімічно (розчинення кислотами), деякі губки, молюски, ракоподібні, голкошкірі та інші організми. У ряді форм фіксація досягається сплющенням тіла, утворенням усіляких виростів, що підсилюють зчеплення організмів із ґрунтом, побудовою прикріплених до ґрунту або вільно лежачих на ньому домівок і деякими іншими засобами.

В основу класифікації екологічних факторів, що відображають специфіку взаємовідносин організмів з навколишнім середовищем покладені ступінь та характер періодичності їх змін. Виділяють дві основні групи факторів: первинно-періодичні (сонячна радіація, світло), вторинно-

періодичні (розчинний кисень, солоність, каламутність, зміна рівня води та ін.).

При формуванні угруповань перифітону необхідно враховувати дію глобальних та локальних умов. З цієї позиції виділяють три групи факторів: загального водоемного значення, внутрішньоводоемної зональності, вузьколокального значення. Такі екологічні фактори, як температурний та рівневий режим, характер поверхневого стоку відносяться до першої групи факторів загального водоемного значення. До другої групи входять ступінь заростання вищими водними рослинами (макрофітами) та характер ґрунту, а для зооценозів відкритих акваторій – коливання рівня води.

Структура та рівень розвитку зооперифітону визначаються факторами третьої групи вузько локального значення, які створюють мікрорежимні умови на станціях пильнування. Велику роль також відіграє антропогенне навантаження, забезпеченість їжею, вміст кисню.

Серед факторів водного середовища можна виділити найважливіші для організмів перифітону. Серед гідродинамічних факторів це швидкість течії, так швидкість до 0,6-0,8 м/с не лімітують розвиток прикріплених форм. Наприклад, дорослі личинки, молюски, дрейсени не можуть закріплюватись на субстраті у водотоках, де швидкість течії більша 2 м/с.

Суттєвим фактором для організмів перифітону, які живуть на невеликих глибинах є коливання рівня води. В зонах постійного коливання рівня води (нижче гребель з регулюючими скидами води) угруповання перифітону дуже малочисельні або відсутні.

Серед гідрохімічних факторів необхідно вказати на рівень вмісту розчиненого кисню. Організми перифітону вважаються більш оксифільними ніж бентосні організми.

Вплив на біоту більшості факторів середовища має двояку природу. Будь-який фактор стимулює одні процеси і пригнічує інші, активізуючи цикли одних організмів та пригнічуючи інших. Однозначний негативний вплив на біоту надають лиш надмірні значення факторів середовища.

Безхребетні перифітони мають свої біологічні особливості:

1. прикріплений спосіб життя;
2. живляться зваженими речовинами (зоосистонофаги);
3. являються R-стратегами і мають розселюючу стадію в життєвому циклі, що забезпечує успіх колонізації твердих субстратів бенталі та пелагіалі;
4. утворюють масові поселення;
5. відіграють роль видів-едифікаторів.

Прикріплені організми, завдяки наявності стадії для розселення, здатні заселяти значні території, а завдяки іншим особливостям їх екології – швидко колонізують усі доступні біотопи. В прибережних зонах морів, океанів, крупних континентальних водоймах групи перифітону утворюють біофільтруючий пояс.

## **ХІД РОБОТИ**

**Завдання № 1.** Визначення видового складу зооперифітону озера та малої річки Мокра Московка.

**Завдання № 2.** Встановлення чисельності та біомаси зооперифітону досліджених водойм та водотоків.

**Завдання № 3.** Для досліджених угруповань зооперифітону встановити домінуючий комплекс видів, зустрічальність організмів обростання на певному субстраті, а також подібність угруповань зооперифітону дослідженого озера та малої річки.

### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Адаптації гідробіонтів до впливу різних чинників антропогенного і теригенного впливу.
2. Життєві форми гідробіонтів та їх чутливість до забруднення.
3. Основні фізико-хімічні, хімічні, біологічні механізми самоочищення у водоймах.
4. Антропогенна евтрофікація водойм, її наслідки для якості води, шляхи запобігання.

5. Пристрої для відбору якісних і кількісних проб зооперифітону.

**Контрольні питання:**

1. Основні представники літорального зооперифітону, що належать до *Bivalvia*, *Oligochaeta*, *Gammaridae*, *Isopoda*, *Corophiidae*, *Mysidacea*, *Hirudinea*, *Chironomidae*, *Odonata*, *Trichoptera*, *Megaloptera*, *Ephemeroptera*.
2. Організми зооперифітону та процеси самоочищення водних екосистем.
3. Методи підрахунку чисельності та біомаси зооперифітону.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

**Тема:** Структурна та функціональна організація екосистеми, біоценозу.

**Мета:** Навчитися встановлювати просторову структуру гідробіоценозів.

**Обладнання та матеріали:** оброблений гідробіологічний матеріал щодо кількісних характеристик угруповань зоопланктону та макрозообентосу дослідженої водної екосистеми, плакати, визначники організмів досліджених груп, калькулятор, міліметровий папір.

**Теоретичний мінімум.** Популяції різних видів тісно взаємопов'язані не тільки між собою, але й з умовами середовища існування. Зокрема, вони вилучають з навколишнього природного середовища речовини, необхідні їм для підтримання нормальної життєдіяльності, та виділяють туди ж продукти обміну. Таким чином, угруповання організмів утворюють із фізичним середовищем певну систему – екосистему.

За сучасними уявленнями *гідроекосистема* – це історично сформований комплекс живих істот, пов'язаних між собою трофічними зв'язками, та неживих компонентів середовища їх існування, які залучаються в процесі обміну речовин і енергії.

У 1940 році російський вчений В.М. Сукачов запропонував поняття «біогеоценоз» (трансформоване з розвитком гідробіології у гідробіоценоз) як сукупність

гідробіоценозу та біотопу. **Біотоп** – це об'єм води, у якому підтримується однорідний набір організмів.

**Гідробіоценоз** (від грец. біос – життя та кайнос – загальний) – це історично сформоване угруповання популяцій водних організмів, які зв'язані між собою різноманітними взаємовідносинами та населяють певний біотоп. Гідробіоценоз та екосистема – поняття подібні, але не тотожні. В обох випадках це взаємодіючі сукупності живих організмів і середовища, але екосистема – поняття безрозмірне. Акваріумне угруповання, болото, Світовий океан – усе це екосистеми. В той же час, гідробіоценоз, на відміну від екосистеми, є більш конкретним, територіальним поняттям. Іншими словами, гідробіоценоз – певний ранг екосистеми.

У кожній екосистемі є два основних компоненти: організми, з однієї сторони, і фактори неживої природи – з іншої. Тому виділяють біотичну та абіотичну частини гідроекосистеми (гідробіоценозу).

До складу абіотичної частини входять такі компоненти:

- **неорганічні сполуки** (вуглекислий газ, кисень, азот, вода, сірководень тощо), які включаються у **біогенну** (тобто за участю живих істот) **міграцію речовини**;
- **органічні сполуки** (відмерлі рештки рослин і тварин, продукти життєдіяльності організмів), які зв'язують між собою абіотичну та біотичну частини біогеоценозу;
- **мікроклімат** (середньорічна температура, вологість, рельєф місцевості тощо), який визначає умови існування організмів.

Біотичну частину біогеоценозу складають різні екологічні групи популяцій організмів, поєднані між собою трофічними та просторовими зв'язками:

- **продуценти** (від лат. *producentis* – той, що виробляє, створює) – популяції автотрофних організмів, здатних синтезувати органічні сполуки з неорганічних (водорості, зелені джгутикові, вищі рослини);
- **консументи** (від лат. *consumo* – споживаю) – популяції гетеротрофних організмів, які споживають інші організми або мертву органічну речовину (фітофаги,

- хижаки, паразити, сапротрофи);
- **редуценти** (від лат. *reducentis* – той, що повертає, відновлює) – популяції організмів, які живляться органічною речовиною залишків чи продуктів життєдіяльності організмів, розкладаючи її до простих неорганічних сполук (гриби, бактерії, тварини-детритофаги).

Функціонування будь-якої екосистеми (біоценозу) пов'язане з перетворенням енергії. Енергія витрачається живими організмами на процеси росту, розмноження, рухову активність і т.д.

Гідробіоценози є відкритими системами. Вони потребують постійного надходження речовини і енергії ззовні. Основним джерелом цієї енергії є сонячне світло, яке фотосинтезуючі організми вловлюють і перетворюють на енергію хімічну синтезованих органічних речовин. При цьому лише близько 1% світлової енергії, що падає на рослину, переходить в потенційну енергію органічних речовин. Решта розсіюється у вигляді тепла. Коли тварини поїдають рослини, то більша частина енергії, що міститься в їжі, витрачається на різні процеси життєдіяльності, перетворюючись при цьому на тепло і розсіюючись. Лише 1/10 енергії харчів переходить у новозбудовану речовину тіла тварин. Те саме спостерігається при поїданні трав'янистих тварин хижаками.

Таким чином, в природі не існує такого виду організмів, який би не був пов'язаний з іншим. Живлячись за рахунок інших істот, організми отримують енергію. Внаслідок цього у природі виникають ланцюги живлення.

Ряди взаємопов'язаних видів, в яких кожний попередній є об'єктом живлення наступного, називають **ланцюгами живлення**. Кожний ланцюг живлення складається з певної кількості ланок. Кількість ланок ланцюгів живлення обмежена і, як правило, не перевищує чотирьох – п'яти, оскільки при передаванні енергії з попередньої ланки до наступної більша частина її втрачається для організмів.

Будь-яка популяція організмів займає в ланцюзі живлення певне місце – **трофічний рівень**. На початку ланцюгів живлення завжди знаходяться продуценти. Рослиноїдні тварини займають

наступний трофічний рівень (консументи I порядку), далі йде рівень хижаків (консументи II порядку) тощо.

Ланцюги живлення поділяються на 2 типи. Один тип ланцюгів живлення починається з рослин і йде до рослиноїдних тварин і далі до хижаків. Це так званий **ланцюг виїдання (пасовищний)**. Другий тип починається від рослинних і тваринних залишків, екскрементів тварин і йде до редуцентів. В результаті діяльності редуцентів утворюється напіврозкладена маса – детрит.

Такий тип ланцюга живлення називається **детритним (розкладання)**.

У будь-якому гідробіоценозі різні ланцюги живлення не існують окремо один від одного, а взаємопереплетені, тому що один і той самий вид одночасно може бути ланкою різних ланцюгів живлення. Переплітаючись, ланцюги живлення формують **трофічну сітку**. Її існування забезпечує стійкість гідроекосистеми (гідробіоценозу), оскільки якщо змінюється чисельність популяцій певних видів, то легко змінюються кормові об'єкти і сумарна продуктивність біоценозу залишається сталою.

Трофічну структуру ланцюга живлення можна представити графічно у вигляді **екологічних пірамід**. Залежно від показника, покладеного в основу, розрізняють три основні типи екологічних пірамід:

- **піраміда чисел**, яка відображає чисельність окремих організмів на послідовних трофічних рівнях, причому з кожним наступним рівнем кількість особин зменшується;
- **піраміда біомаси**, яка відображає закономірності переходу маси органічної речовини з одного трофічного рівня на інший. На кожному наступному рівні біомаса особин зменшується.
- **піраміда енергії** відповідає величині потоку енергії на послідовних трофічних рівнях. Потік енергії зменшується при переході на наступний трофічний рівень.

Таким чином, для усіх трьох типів екологічних пірамід виконується правило екологічної піраміди: **на кожному**



***попередньому трофічному рівні кількість біомаси та енергії, що запасуються організмами за одиницю часу, значно більша, ніж на наступних.***

Піраміди чисел і біомаси можуть бути оберненими (або частково оберненими), тобто основа піраміди може бути вужчою, ніж один або кілька верхніх поверхів. Так буває, коли середні розміри продуцентів менші, ніж розміри консументів.

Піраміда енергії не може бути оберненою, оскільки кожний наступний трофічний рівень існує тільки за рахунок енергії попереднього рівня.

Кожний біоценоз характеризується певною ***продуктивністю***, яку виражають в одиницях маси або енергії. Розрізняють продуктивність ***первинну*** і ***вторинну***, створену відповідно автотрофними та гетеротрофними організмами. При цьому продуценти значну частину синтезованої продукції (40-70% сумарної) споживають для забезпечення власних процесів життєдіяльності, а та, що залишилась, становить ***чисту первинну продукцію*** – приріст рослин за одиницю часу. Це той резерв, який можуть споживати консументи і редуценти. Отже, гетеротрофні організми існують завдяки чистій первинній продукції біогеоценозу.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання № 1.** Проаналізувати структуру зоопланктону водних екосистем, що зазнали різний вплив антропогенного фактору. Наглядно показати структурну організацію ценозів за допомогою ценограми, що поєднує два компоненти: графік, що відображає ранжування видових популяцій за рівнем їх кількісного розвитку, і секторальну діаграму, на якій показані відсоткові співвідношення (за біомасою, чисельністю) основних таксономічних груп – гіллястовусих та веслоногих ракоподібних, коловерток. На основі отриманої інформації щодо структури угруповань зоопланктону зробити прогноз можливих змін їх організації, що виникають під впливом природних та антропогенних факторів.

**Завдання № 2.** Проаналізувати структуру макрозообентосу водних екосистем в умовах антропогенного

впливу та у відносно не порушених водних об'єктів. Графічно представити структуру гідроценозів у вигляді ценограми. Використовувати основні таксономічні групи макрозообентосу – моллюски (черевоні, двостулкові), олігохети, гамариди, личинки хірономід, личинки бабок, личинки одноденок, личинки волохокрильців, та інші водні комахи тощо. Зробити висновок яким чином змінюється структура макрозообентосу в умовах антропогенного навантаження.

#### **Завдання для самостійної роботи:**

1. Що називають гідроекосистемою? Що таке гідробіоценоз?
2. Які відмінності між гідроекосистемою і гідробіоценозом?
3. Яким чином відбувається перетворення енергії в гідроекосистемах?
4. Охарактеризуйте позитивні міжпопуляційні взаємозв'язки.
5. Що таке екологічна сукцесія?

#### **Контрольні питання:**

1. Якою є структура водних екосистем?
2. Які типи ланцюгів живлення існують? Чим вони відрізняються?
3. Які типи екологічних пірамід Вам відомі? Які з них можуть бути оберненими і чому?

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5**

**Тема:** Загальні питання біологічної індикації водних екосистем.

**Мета:** Навчитися встановлювати ступінь забруднення прісноводних екосистем за допомогою структурної організації олігохет.

**Обладнання та матеріали:** гідробіологічні проби макрозообентосу, мікроскопи, чашки Петрі, предметні та покривні скельця, препарувальні голки, фільтри паперові, піпетки різного об'єму, пеніцилінові пляшечки, торсійні та аналітичні ваги, плакати, визначники малощетинкових черв'яків, калькулятор.

**Теоретичний мінімум.** Серед можливих підходів до оцінки забруднення довкілля важливе місце займає біологічний метод. Підґрунтям методу є те, що тварини та рослини мають здатність тривалий час існувати лише в певних умовах. Кожен організм чи біологічний вид завдяки своїм морфологічним або фізіологічним особливостям відзначаються більшою чи меншою чутливістю та витривалістю, до зміни цих умов. Визначальними для кожного живого організму є наявність у середовищі кисню для дихання, відсутність шкідливих речовин та наявність поживних. Наявність або відсутність того чи іншого виду у біоценозі, характеризує стан середовища. Види, за якими визначають особливості середовища, де ці види мешкають, називають видами-індикаторами.

Умови існування організмів у природі змінюються під впливом як природних причин (зміна дня і ночі, погодних умов, пори року тощо), так і під впливом діяльності людини (антропогенні зміни). Антропогенні зміни, як правило, мають катастрофічний характер, тому частина організмів чи видів зі слабкою витривалістю не встигає пристосовуватись до них. Частина видів гине, або не може розмножуватись в змінених умовах, через що порушується біологічна рівновага в екосистемах. Ця рівновага підтримується за рахунок численних динамічних зв'язків організмів між собою та з оточуючим середовищем. Відповідно, коли ця рівновага порушується під впливом забруднень, це позначається на кількісних і якісних характеристиках наявних угруповань біоти. Відбуваються перебудови в їх структурі. Наприклад, вже при найменшому антропогенному забрудненні, яке важко визначити навіть гідрохімічними методами, відбуваються зміни видового складу угруповань та співвідношення у них видів. Біологічний метод саме й ґрунтується на аналізі цих змін.

**Біоіндикація** (грец. *bios* – життя і лат. *indico* – вказую) – оперативний моніторинг навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів (рослин, тварин та ін.).

При біоіндикації застосовують переважно (окремо чи в синтезі) два основних принципи виявлення організмів-індикаторів та аналіз видової структури біоценозів. Більш рідко

стан екосистеми оцінюється за функціональними характеристиками.

У науковій літературі під біологічним аналізом розуміють оцінку якості води за окремими індикаторними видами та їх кількісним співвідношенням, а також за складом водного населення (видового різноманіття водної екосистеми). В основу біоіндикації покладено такі показники як структура популяцій гідробіонтів, а також характеристика санітарно-біологічного стану водойм (наприклад, визначення ступеня сапробності окремих зон водойми тощо).

Пошук чутливих критеріїв щодо оцінки стану екосистем ґрунтується в першу чергу на виявленні «чутливих» та «стійких» по відношенню до негативного фактору довкілля видів. Біоіндикація антропогенних процесів ґрунтується на принципах загальної гідробіологічної індикації і будується в першу чергу на знаннях видової специфічності фізіологічних реакцій гідробіонтів. Погіршення середовища існування не лише зменшує кількість біотичних груп, але й створює умови для домінування однієї або кількох з них, найбільш стійких або здатних швидко пристосовуватись. Так, вважається, що чутливі гідробіонти зникають з біоценозу, а стійкі зберігаються і навіть поширюються в нових антропогенних умовах середовища. Безумовно, для добре досліджених екосистем зміни співвідношення чисельності стійких та чутливих видів виступають показником їх стану.

Питання ускладнюється у тому випадку, коли екосистема вивчена недостатньо добре, або коли антропогенний вплив вже спричинив зникнення чутливих видів. В цьому випадку оцінка стану екосистеми буде будуватися на визначенні складу та чисельності стійких видів і на спостереженнях щодо перерозподілу їх в біотопі, що досліджується. Біоіндикація, яка оснований на чутливих видах, які збереглися дозволяє констатувати суттєве забруднення екосистем, руйнування, розпад, деградацію угруповання, але це дозволяє визначити межу, до якої допустиме безпечно для даної екосистеми надходження антропогенних речовин. Для вирішення цієї задачі необхідно спостереження за популяціями найбільш чутливих видів. Критерієм їх стану будуть являтися зміни показників

смертності, народжуваності, генотипічної структури та просторово-часових особистостей. Основуючись на цих показниках можливо прогнозувати стан екосистеми, тобто імовірних перебудов біоценозу.

Реакції популяції на дію будь яких нових факторів середовища, в тому числі й антропогенних завжди неспецифічні. Стійкість популяції в природних умовах залежить від амплітуди мінливості чисельності, генетичної гетерогенності та особливості організації особин у просторі. Чим більш виражена природна мінливість чисельності, генетична мінливість та диференціація населення популяції у просторі тим вона більш стійка до дії будь якого фактора, в тому числі й антропогенного. Згідно з цим при біоіндикації навколишнього середовища класифікують види таким чином:

1. – чутливі та стійкі;
2. – чутливі та не стійкі;
3. – не чутливі та не стійкі;
4. – не чутливі та стійкі.

Під чутливістю в даному випадку розуміють здатність змінювати чисельність в тих або інших умовах довкілля за певний відрізок часу, що призводить до збереження виду під впливом антропогенних факторів.

Під час прогнозування екологічного стану водойм, часто не звертають увагу на те, що вплив антропогенних чинників на біоценоз спирається головним чином на реакціях його популяцій. З одного боку популяції еволюціонують – в напрямку пристосування до популяцій інших видів, а з іншого боку – в напрямку утворення механізмів, які забезпечують їх відносну самостійність. Кожна видова популяція має досить суттєвий діапазон мінливості параметрів, що забезпечує її динамічну стабільність в різноманітних біотичних та абіотичних умовах середовища.

Прогноз стану угруповань (біоценозів) припускає диференціацію структурних елементів на види-домінанти, та другорядні види, які відіграють певну роль в функціонуванні угруповання. В той же час, розглядаючи різні ситуації, що складаються у водних екосистемах за умови антропогенного тиску, слід звертати увагу на той факт, що в токсичному (та й

взагалі – в антропогенно-перетвореному) середовищі під найбільшу загрозу підпадають види-домінанти, оскільки разом з їжею вони вбирають з води більшу частку токсикантів, тим самим начебто «буферизують» її для інших видів, а самі стають «жертвами» накопичення шкідливих речовин.

Звільняючи довкілля від найбільш загрозливих компонентів забруднення, вони відкривають можливість для збереження і навіть подальшого поширення інших видів, на які залишкові кількості забруднювачів можуть здійснювати навіть стимулюючу дію, що й пояснює періодичні зміни домінант.

Пригнічена дія забруднення на другорядні види може приводити до зміни функції популяції одного виду іншим, без суттєвих змін біогеоценозів в цілому. Згідно з цим не завжди можна прогнозувати стан водойм тільки спираючись на види-індикатори, які чутливо реагують на антропогенний вплив.

Однак слід пам'ятати, що реакції популяцій і біоценозів можуть бути виражені більш гостро, коли у водойму потрапляють речовини не токсичного характеру. Так як нейтральні завислі у воді речовини можуть змінювати біотопи існування донних безхребетних. Внаслідок чого відбувається більш потужний вплив цих речовин на гідробіонтів, ніж елімінація їх при дії антропогенного забруднення.

Результати гідробіологічних досліджень дають можливість прослідкувати процес формування якості води, участі в цьому тваринного населення водойми, а також оцінити роль біома в природному самоочищенні забруднених вод. Вивчення цих процесів є необхідним для встановлення характеру змін, що відбуваються у водоймі, та для прогнозування стану водної екосистеми в майбутньому.

Достатньо широке використання з метою оцінювання ступеня забруднення отримали індекси, що спираються на використання в якості індикаторів не окремих видів, а цілі таксони, зокрема личинок комах, та малошкетинкових черв'яків .

Отже гідробіонти та їх угруповання представляють перспективну галузь біоіндикації через високу чутливість до змін довкілля, що відбуваються під впливом антропогенних чинників. За допомогою водних рослин і тварин та їх угруповань оцінюють дію та наслідки антропогенних впливів: порушення

природних та штучних водних екосистем, забруднення водного середовища; обґрунтовують заходи з організації екологічного моніторингу.

### ХІД РОБОТИ

**Завдання № 1.** Встановити ступінь органічного забруднення водних екосистем за допомогою кількісних характеристик угруповань олігохет, використовуючи найбільш поширені гідробіологічні індекси:

1. Ступінь забруднення визначається за розмірами абсолютної чисельності малоцетинкових черв'яків, при  $N = 100-999$  екз/м<sup>2</sup> – слабе забруднення;  $1000-5000$  екз/м<sup>2</sup> – середнє та більше  $5000$  екз/м<sup>2</sup> – важке забруднення.
2. Спирається на відношення чисельності малоцетинкових черв'яків та загальної чисельності донних тварин:

$$R = \frac{N(\text{олігохет})}{N(\text{загальна})} \cdot 100\% \quad (5.1)$$

Якщо цей показник складає менше 60% – річка знаходиться в задовільному стані; якщо 60-80% – в сумнівному та понад 80% – в тяжкому стані.

3. Індекс, що враховує відношення чисельності малоцетинкових черв'яків (тубіфіцид) до загальної чисельності бентосу:

$$ОП = \frac{N(\text{олігохет} - \text{тубіфіцид})}{N(\text{загальна})} \quad (5.2)$$

Показники індексу до 0,3 – характеризують водойму як відносно чисту; 0,3-0,54 – слабка ступінь забруднення; 0,55-0,79 – забруднена та 0,8-1,0 – дуже забруднена.

4. Індекс, який складається з відношення чисельності *Limnodrilus hoffmeisteri* до сумарної чисельності малоцетинкових черв'яків – чим він більший, тим вищий ступінь забруднення.

5. Індекс відношення чисельності *Tubifex tubifex* до чисельності олігохет роду *Limnodrilus* – чим він більший, тим значніше забруднення.

**Завдання для самостійної роботи:**

1. Антропогенне забруднення гідросфери.
2. Види забруднення гідросфери.
3. З'ясуйте сутність біоіндикації.
4. Визначте переваги методу біоіндикації над інструментальними методами оцінки стану природного середовища.
5. Яких критеріїв необхідно дотримуватись для того щоб якісно оцінювати екологічний стан водного об'єкту при біоіндикаційних дослідженнях.

**Контрольні питання:**

1. Які гідробіонти найчастіше використовуються в біоіндикації водних екосистем?
2. У чому проявляються реакції різних гідробіонтів на забруднення?
3. У який спосіб проводять відбір і підготовку зразків гідробіологічного матеріалу.
4. Умови та тривалість біотестування.

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6**

**Тема:** Організми макрозообентосу та їх угруповання в біоіндикаційних дослідженнях.

**Мета:** Навчитися оцінювати якість води водного об'єкту за допомогою Trent Biotic Index (TBI) та Extended Biotic Index (EBI)

**Обладнання та матеріали:** оброблений гідробіологічний матеріал щодо кількісних характеристик угруповань макрозообентосу дослідженої водної екосистеми, плакати, визначники організмів досліджених груп, калькулятор.

**Теоретичний мінімум.** Важливу роль як у процесах самоочищення, так і в біоіндикації якості води відіграють представники зообентосу. Вони є дуже чутливими до змін



хімічного складу води й надходження до екосистеми чужорідних елементів.

Визначення забруднення вод за якісним та кількісним складом донних безхребетних має найбільші переваги, оскільки донні організми реагують не на окремий фактор, а на загальну екологічну ситуацію, що дозволяє отримувати свідчення про кумулятивну дію ступеня забруднення водойми. Організми зообентосу внаслідок характерного для них достатньо тривалого життєвого циклу, високої чисельності та малорухливості, а також можливості їх більш точного визначення до виду, знайшли широке застосування в існуючих методах визначення якості вод.

Переваги живих організмів, яких використовують в якості біоіндикаторів полягають в тому, що вони:

- 1) акумулюють всі біологічно активні речовини, віддзеркалюючи стан довкілля в цілому;
- 2) випереджають хімічні методи вимірювання біологічних параметрів, оскільки живі організми постійно присутні в оточуючому середовищі і реагують на тимчасові й залпові викиди токсинів, які не реєструються при хімічному контролі з періодичним відбором проб на аналізи;
- 3) віддзеркалюють швидкість змін, що відбуваються в природному середовищі;
- 4) вказують шляхи і місця накопичення різного роду забруднень в екологічних системах та можливі шляхи надходження цих агентів до їжі людини;
- 5) дозволяють судити про ступінь шкідливості тих або інших речовин для живої природи та людини;
- 6) надають можливість контролювати дію багатьох синтезованих людиною сполучень;
- 7) допомагають нормувати припустиме навантаження на екосистеми, що відрізняються за своєю стійкістю до антропогенного впливу, оскільки однаковий склад та обсяг забруднення може викликати різні реакції природних екосистем в різних географічних зонах.

В умовах антропогенного тиску відбуваються структурні зміни в угрупованнях гідробіонтів. В природних умовах угруповання зообентосу характеризуються стійкою ієрархічною структурою – наявністю видових популяцій: домінант, субдомінант та другорядних видів. Така структура чітко виявляється при традиційних гідробіологічних дослідженнях.

В якості структурних характеристик водної екосистеми можуть бути використані показники видової, розмірної, графічної структури, структури потоків енергії, речовини та інформації. Для кількісної характеристики видової структури зазвичай використовують індекси видового різноманіття, серед яких найбільшого поширення в гідробіологічних дослідженнях набув індекс Шеннона. При використанні цього індексу можна оцінити стан водних екосистем та ступінь забруднення вод органічними речовинами. Перевагою індексів різноманіття є їх універсальність порівняно з іншими індексами сапробності.

Для якісної оцінки сапробності вод водойм і водотоків також було запропоновано використовувати індекси сапробності та інші. Сапробіологічна оцінка водних екосистем спирається на присутність або відсутність у воді гідробіонтів з різним ступенем оксифільності. Труднощі щодо оцінки цих показників полягають в тому, що значна кількість поверхневих вод забруднюється не лише органічними речовинами тваринного та рослинного походження, але одночасно й значною кількістю токсичних речовин – пестицидами, нафтою та нафтопродуктами, важкими металами тощо.

Зазвичай у літературі виділяють три основні ступеня сапробності води, згідно з цим гідробіонти також поділяються на три групи.

1. Полісапробні – характеризують значне забруднення, нестачу кисню, велику кількість бактерій; видовий склад бідний, але чисельність особин значна, властивий певний надлишок поживних речовин.
2. Мезосапробні – поділяються на:
  - $\alpha$ -мезосапробні – характеризують значне органічне забруднення, нестачу кисню; видовий склад відносно багатий, чисельність особин

- висока, властивий значний вміст поживних речовин, багато водоростей;
- $\beta$ -мезосапробні – характеризують слабе органічне забруднення, нестачу кількості кисню; видовий склад багатий.
3. Олігосапробні види – притаманні чистим, багатим на кисень водоймам; видовий склад бідний, чисельність особин низька внаслідок малої кількості поживних речовин.

Недолік системи сапробності полягає в тому, що велика кількість видів, які у масі зустрічаються у водоймі та визначають стан екосистеми, не входять до списків видів-індикаторів. Таким чином висновки щодо стану екосистеми будуватимуться на видах, які не є визначними для певної водойми. Тому порівняльна оцінка різних водойм за сапробіологічними показниками, в деяких випадках, не дає уявлення щодо процесів які відбуваються у водоймах.

Одним з обмежень при використанні системи сапробності для оцінювання стану водних екосистем є те, що поживними є лише порівняльне визначення якості вод різних зон однієї й тієї ж водойми або водотоку, які розташовані на різному віддаленні від місця скиду стічних вод.

Для біологічного аналізу забруднення води також використовують систему Вудівіса. Її позитивною рисою є поєднання принципів індикаторного значення видів та змін різноманіття форм в умовах забруднення нешироких річок з добре розвиненою рослинність. Остання сприяє розвитку водних стадій комах і надає змогу використовувати їх у якості біоіндикаторів.

Індекс ТВІ був розроблений Woodiwiss (1964) для індикації води англійської ріки Trent. Він являється одним із найбільш широко розповсюджених індексів, що використовуються у державах Євросоюзу, СНГ та в інших державах.

Індекс оснований на двох параметрах бентосного угруповання: загальне різноманіття безхребетних та наявність у водотоці організмів, що належать до «індикаторних» груп. При підвищенні ступеня забрудненості водойми представники цих

«індикаторних» груп бентосу зникають із угруповання в певному порядку (табл. 6.1).

### ХІД РОБОТИ

**Завдання № 1.** Використовуючи індекс Вудівіса встановити якість води дослідженого водотоку. Для розрахунку показників біотичного індексу якісну і кількісну характеристику макрзообентосу подано у таблиці 6.5.

Таблиця 6.1 – Допоміжні дані для розрахунку індексу ТВІ

Наявність видів-індикаторів	Кількість видів-індикаторів	Загальна кількість виявлених груп бентосних організмів					
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	> 20
Личинки веснянок ( <i>Plecoptera</i> )	більше 1	—	7	8	9	10	11
	1 вид	—	6	7	8	9	10
Личинки одноденок ( <i>Ephemeroptera</i> )*	більше 1	—	6	7	8	9	10
	1 вид	—	5	6	7	8	9
Личинки волохокрильців ( <i>Trichoptera</i> )	більше 1	—	5	6	7	8	9
	1 вид	4	4	5	6	7	8
<i>Gammarus sp.</i>		3	4	5	6	7	8
Ізоподи ( <i>Asellus aquaticus</i> )		2	3	4	5	6	7
Олігохети або личинки хірономід		1	2	3	4	5	6
Відсутні всі вище наведені групи		0	1	2	—	—	—

Примітка. \* – не враховуючи вид *Baetis rhodani*.

Визначивши кількість виявлених в пробі груп, знаходимо відповідний стовпчик таблиці. На перехресті стовпчика і строки у таблиці знаходимо значення індексу ТВІ, що буде характеризувати досліджений створ річки.



Також була збільшена кількість градацій індексу від 4 до 5 (див. табл. 6.4).

Таблиця 6.4 – Класифікація якості води за індексом ЕВІ

Кількість балів	Якість води
10-14 балів	Висока якість
8-9 балів	Добра якість
6-7 балів	Невисока якість
4-5 балів	Низька якість
1-3 бали	Погана якість

Якісні та кількісні характеристики угруповань макрозообентосу дослідженого водотоку представлена у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Видовий склад та чисельність (екз/м<sup>2</sup>) макрозообентосу р. Мокра Московка

Таксони	Кількість організмів в пробі						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Mollusca							
<i>Bithynia tentaculata</i> (L.)	6	10	4	—	2	—	—
<i>Planorbis planorbis</i> (Linne)	5	3	4	2	1	—	—
Isopoda							
<i>Asellus aquaticus</i> (Linne)	20	25	33	15	12	6	8
Gammaridae							
<i>Gammarus lacustris</i> (G.Sars)	32	28	31	18	6	2	2
Ephemeroptera							
<i>Cloeon dipterum</i>	44	40	38	26	11	—	1
<i>Caenis macrura</i> Stephens	17	14	9	7	4	8	2
<i>Baetis</i> sp.	—	—	6	7	2	9	4
Chironomidae							
<i>Chironomus tentans</i> (L.)	—	22	—	—	35	21	9
Trichoptera							
<i>Agrypnia pagetana</i> Curtis	20	17	14	—	—	—	—
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	—	5	16	31	26	45	62
Megaloptera							
<i>Sialis morio</i> Klst.	4	3	1	6	11	8	7
Hirudinea							
<i>Herpobdella octoculata</i> (L.)	9	12	—	6	18	15	20
<i>Glossiphonia complanata</i> (L.)	2	4	1	—	5	—	2

Продовження таблиці 6.5

Odonata							
<i>Libellula quadrimaculata</i> (L.)	3	2	1	1	—	3	—
<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas)	4	1	3	6	5	2	1

Примітка. С1-С2 – певні створи річки.

### Завдання для самостійної роботи:

1. Система сапробності Кольквітца-Марсона та її модифікації.
2. Методи визначення рівня сапробності.
3. Що розуміють під біологічним аналізом на екосистемному рівні.

### Контрольні питання:

1. Які гідробіологічні принципи покладено у систему Вудівіса та її модифікації.
2. На які групи поділяються гідробіонти у зв'язку із ступенем сапробності води?
3. Які недоліки оцінки якості води за сапробіологічними показниками?
4. Які види та групи гідробіонтів макрозообентосу річки Мокра Московка м. Запоріжжя чутливі до забруднення води?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### Питання до модульного контролю № 1.

1. Зоопланктон як екологічна група водних екосистем.
2. Бентос як екологічна група водних екосистем.
3. Перифітон як екологічна група водних екосистем.
4. Макрофіти як екологічна група водних екосистем.
5. Фітопланктон як екологічна група водних екосистем.
6. Біотичне угруповання та його характеристика.
7. Екологічні фактори та їх значення для донних безхребетних.
8. Поліморфізм як важливе проява біотичного різноманіття.
9. Життєві форми гідробіонтів та їх чутливість до забруднення.

10. Роль кисню у життєдіяльності гідробіонтів.
11. Адаптації гідробіонтів до впливу різних чинників антропогенного і теригенного впливу.
12. Санітарна гідробіологія та об'єкти її вивчення.
13. Інгібуюча роль ПАР та інших поллютантів на життєдіяльність бентосних фільтраторів.
14. Інгібуюча роль ПАР та інших поллютантів на життєдіяльність зоопланктонних фільтраторів.
15. Забруднення водних екосистем та види забруднень.
16. Забруднення водойм нафтопродуктами, його наслідки; деструкція та самоочищення водойм від вуглеводнів.
17. Органічні речовини та їх кругообіг у водних екосистемах.
18. Роль автохтонних і алохтонних речовин у кругообігу органічної речовини у водоймах.
19. Мікроелементи водних екосистем та їх біологічна роль.
20. Евтрофікація як явище у водних екосистемах.
21. Антропогенна евтрофікація водойм, її наслідки для якості води, шляхи запобігання.
22. Природне евтрофування водних екосистем.
23. Процеси очищення водойм та водотоків.
24. Загальні питання самоочищення водойм.
25. Основні структурно-функціональні блоки системи самоочищення водних екосистем.
26. Фізико-хімічний механізм самоочищення водних екосистем.
27. Біологічний механізм самоочищення водних екосистем.
28. Джерела енергії біотичних механізмів самоочищення водних екосистем.
29. Роль донних відкладів у формуванні якості води у водоймищах.

### **Тестові завдання.**

Приклади.

1. Яку із наведених біологічних систем можна назвати угрупованням (у широкому тлумаченні цього терміну):
  - А) біогеоценоз.
  - Б) біоценоз.



- В) екосистему.
- Г) біом.
- Д) популяцію.

2. Коменсалізм – це:

- А) одностороння негативна дія однієї популяції на іншу.
- Б) один із проявів боротьби за існування.
- В) живлення одного організму за рахунок іншого, не завдаючи йому прямої шкоди.

3. Роль міжвидової конкуренції полягає в:

- А) встановленні чіткої ієрархії видів.
- Б) розширенні екологічних ніш.
- В) освоєнні нових елементів середовища.

4. Алохтонна органічна речовина відіграє велике значення у порівнянні із автохтонною в енергетиці наступних екосистем:

- А) ставки і неглибокі озера.
- Б) струмки і невеликі річки.
- В) відкриті акваторії морів і океанів.
- Г) калюжі.

5. Основне джерело збагачення поверхневих шарів водойми розчиненими органічними речовинами – це:

- А) рослинні і тваринні рештки.
- Б) фізіологічні виділення тварин і водоплавних птахів.
- В) прижиттєві виділення водоростей.

6. В екосистемах виділяють наступні типи трофічних ланцюгів:

- А) продуцентні.
- Б) пасовиські.
- В) консументні.
- Г) біотрофні.
- Д) детритні.

7. Чиста первинна продуктивність угруповання це:
- А) швидкість накопичення в екосистемі органічної речовини автотрофами із відрахуванням їх витрат на дихання.
  - Б) сумарна первинна продукція угруповання за певний проміжок часу.
  - В) швидкість накопичення в екосистемі органічної речовини автотрофами, що не споживалась гетеротрофами.
  - Г) валова первинна продукція із відрахуванням витрат на дихання всіх автотрофів та гетеротрофів.
8. Евтрофікація вод це:
- А) процес вимивання й виносу твердих часток та розчинених гірських порід і ґрунтів водою.
  - Б) постачання тепла з нижче і вище розташованих слоїв води.
  - В) підвищення біологічної продуктивності водних об'єктів внаслідок збільшення вмісту у воді біогенних елементів.
9. Процес осадження мінеральних частинок у стоячій воді це:
- А) хімічна седиментація.
  - Б) фізична седиментація.
  - В) біогенна седиментація.
  - Г) фізико-хімічна адсорбція.
10. Для колоніальних фільтраторів-седиментаторів прісних водойм можна віднести:
- А) личинок мошок.
  - Б) двостулкових моллюсків.
  - В) губку.
  - Г) хлорелу.
  - Д) синьо-зелені водорості.
11. Личинки мошок відносяться до життєвої форми:
- А) малорухомі зіскрібачі.

- Б) прикріпленні фільтратори.
- В) малорухомі детритофаги.
- Г) напівприкріплені фільтратори.
- Д) малорухомі хижакі.

12. До зоопланктонного угруповання належать наступні види:

- А) хірономіди.
- Б) рівноногі ракоподібні.
- В) водні твердокрилі.
- Г) веслоногі ракоподібні.
- Д) каланоїди.

13. В життєвому циклі прісноводних макробезхребетних виділяють наступні параметри, що мають суттєве значення для оцінки антропогенного навантаження:

- А) наявність різних життєвих форм.
- Б) процеси росту та розвитку.
- В) домінування фітофагів в угрупованні.
- Г) зниження рухомої активності гідробіонтів.
- Д) репродукційний період для водних комах.

14. Основна маса органіки, розчиненої у воді, споживається:

- А) більшістю гідробіонтів.
- Б) грибами, бактеріями.
- В) виключно автотрофами.

15. До угруповання бентосу належать наступні представники:

- А) личинки волохокрильців.
- Б) синьо-зелені водорості.
- В) гідроїдні медузи.
- Г) губка бодяга.
- Д) глохідії молюсків.

16. До макроорганізмів планктону відносяться:
- А) коловертки.
  - Б) веслоногі ракоподібні.
  - В) жаброноги.
  - Г) водні кліщі.
  - Д) куліциди.
17. Організми, які пов'язані з поверхневою плівкою води відносяться до:
- А) планктону.
  - Б) нейстону.
  - В) нектону.
  - Г) перифітону.
  - Д) бентосу.
18. Посилення біологічної продуктивності водних екосистем, внаслідок накопичення у воді біогенних елементів називається:
- А) ацидофікацією.
  - Б) евтрофікацією.
  - В) сукцесією.
  - Г) стратифікацією.
  - Д) нуклідезацією.
19. До мікроорганізмів бентосу та перифітону належать наступні представники:
- А) нематоди.
  - Б) синьо-зелені водорості.
  - В) інфузорії.
  - Г) олігохети.
  - Д) турбілярії.
20. У прісноводних екосистемах нараховується така кількість водних організмів:
- А) олігохет – 1000-10000 видів.
  - Б) губок – 100-1000 видів.
  - В) поліхет – більше 1000 видів.
  - Г) двостулкових моллюсків – 10-100 видів.

Д) моховаток – до 10 видів.

21. Дихання з поверхні води характерно для таких гідробіонтів:

- А) личинкам одноденок.
- Б) водним напівтвердокрилим.
- В) нематодам.
- Г) личинкам бабок.
- Д) гідрам.

22. Гідробіологія як наука вивчає:

- А) взаємодію гідробіонтів між собою.
- Б) взаємодію гідобіонтів між собою і неживою природою.
- В) взаємодію гідробіонтів з абіотичними факторами середовища.

23. Екологічна валентність виду – це:

- А) межі мінливості окремих елементів середовища.
- Б) межі витривалості виду.
- В) межі оптимальних значень екологічного фактору.

## Змістовий модуль II

### ГІДРОБІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ СТАНУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ТА ЯКОСТІ ВОДИ

#### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

**Тема:** Оцінка якості води за допомогою індексу Family Biotic Index (FBI).

**Мета:** Дослідити структуру угруповань донних безхребетних та використовуючи біотичний індекс провести оцінку якості води.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий гідробіологічний матеріал щодо кількісних характеристик угруповань макрозообентосу дослідженої водної екосистеми, плакати, визначники організмів досліджених груп, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** У країнах Європейського союзу методи та способи біологічної оцінки знаходяться у стадії гармонії. Сьогодні в Європі використовують, переважно, біологічні методи оцінки (індикації) якості річкової води, основані на системі сапробності та на біотичних індексах. Крім того, все більшого розповсюдження набуває екосистемний інтегрований підхід, у рамках якого розвиваються незалежні методи біологічної оцінки загального стану екосистем річок.

У більшості випадків методи біологічної оцінки та біоіндикації якості води у країнах Європейського союзу основані на застосуванні індексно-бального підходу. Майже у кожній країні Західної Європи проведене випробування того чи іншого біотичного індексу або у наукових цілях, або для контролю якості води.

На протязі розвитку методів оцінки стану річних екосистем фокус переміщувався від оцінки якості річних вод у аспекті навантаження за органічною сполукою, евтрофікації та ефектів потрапляння у воду токсичних речовин до оцінки загального стану річкових екосистем, куди показники якості води входять складовою частиною разом з іншими внутрішніми екологічними «функціями» та властивостями річки.

Традиційні методи біологічної індикації якості води не можуть забезпечити достатній рівень, що відповідає сучасним

вимогам, оскільки порушують лише один з аспектів стану річкової екосистеми, а саме якість води.

В останні десятиріччя ХХ століття у Європі спостерігалась активна тенденція до розвитку біологічних методів оцінки у рамках екосистемного інтегрованого підходу. Водні екосистеми розглядаються як одне ціле, приймаючи до уваги абіотичні та біотичні компоненти, а також їх взаємовідношення; при цьому враховуються як біологічні параметри, так і якість місця проживання.

Біологічна оцінка, що має за ціль контроль змін якості навколишнього середовища, в першу чергу повинна визначити стан екосистеми у цілому та лише побічно відображати якість води.

Історично склалося так, що в Україні більше уваги приділяли розробці системи оцінки якості води, яка була апробована головним чином на великих водосховищах, каналах та рівнинних річках, де вона головним чином, хоча й опосередковано відображає ситуацію з екологічним станом водних екосистем такого типу. В той же час специфіка деяких водних об'єктів потребує своїх підходів до біологічної оцінки як стану екосистеми, так і якості води.

Необхідно відмітити, що розподілення видів у водоймах Європи суттєво відрізняється і на кордоні свого ареалу вони теоретично більш чутливі до негативного впливу навколишнього середовища, ніж у центрі. Необхідно також враховувати, що майже у всіх країнах ЄС у той чи іншій мірі використовуються методи, пов'язані з біотичним індексом індексно-бальним підходом. Відсутність його у нормативних документах України і, як наслідок цього, відсутність методичного та кадрового його забезпечення, ускладнює взаємовідношення при вирішенні проблеми транскордонних річок і робить неможливим розробку єдиної системи моніторингу.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання № 1.** Використовуючи індекс Family Biotic Index встановити якість води дослідженого водотоку.

Індекс FBI був розроблений Hilsenhoff (1987) для біоіндикації річок штату Вісконсін (США) і являється одним із

стандартних індексів у Американському агентстві захисту оточуючого середовища. Він вміщує велику кількість різних таксонів водних безхребетних та має шість бальних градацій. Одною із вимог даного індексу є те, що кількість особин в пробі не повинно бути менше 100 екземплярів. Головним чином, індекс FBI використовується для індикації вод забруднених органічними речовинами.

Для розрахунку показників біотичного індексу для індикаторних видів бентосного угруповання дослідженого водотоку встановлюють їх індикаторний бал за допомогою допоміжних даних із таблиці 8.1. Якісну і кількісну характеристику макрзообентосу подано у таблиці 8.3.

Таблиця 8.1 – Допоміжні дані для розрахунку індексу Family Biotic Index

Таксон	Бали	Таксон	Бали
<b>Ephemeroptera</b>		<b>Trichoptera</b>	
<i>Baetidae</i>	4	<i>Brachycentridae</i>	1
<i>Baetiscidae</i>	3	<i>Calamoceratidae</i>	3
<i>Caenidae</i>	7	<i>Glossosomatidae</i>	0
<i>Ephemerellidae</i>	1	<i>Helicopsychidae</i>	3
<i>Ephemeridae</i>	4	<i>Hydropsychidae</i>	4
<i>Heptageniidae</i>	4	<i>Hydroptilidae</i>	4
<i>Leptophlebiidae</i>	2	<i>Lepidostomatidae</i>	1
<i>Metretopodidae</i>	2	<i>Leptoceridae</i>	4
<i>Oligoneuriidae</i>	2	<i>Limnephilidae</i>	4
<i>Polymitarcyidae</i>	2	<i>Molamidae</i>	6
<i>Potamanthidae</i>	4	<i>Odontoceridae</i>	0
<i>Siphonuridae</i>	7	<i>Philopotamidae</i>	3
<i>Tricorythidae</i>	4	<i>Phryganeidae</i>	4
<b>Coleoptera</b>		<i>Polycentropodidae</i>	6
<i>Dryopidae</i>	5	<i>Psychomyiidae</i>	2
<i>Elmidae</i>	4	<i>Rhyacophilidae</i>	0
<i>Psephenidae</i>	4	<i>Sericostomatidae</i>	3
<b>Megaloptera</b>		<i>Uenoidae</i>	3
<i>Corydalidae</i>	0	<b>Amphipoda</b>	
<i>Sialidae</i>	4	<i>Gammaridae</i>	4
<b>Isopoda</b>		<i>Hyalellidae</i>	8
<i>Asellidae</i>	8	<i>Talitridae</i>	8



Продовження Таблиці 8.1

Таксон	Бали	Таксон	Бали
<b>Odonata</b>		<b>Diptera</b>	
<i>Aeshnidae</i>	3	<i>Athericidae</i>	2
<i>Calopterygidae</i>	5	<i>Blephariceridae</i>	0
<i>Coenagrionidae</i>	9	<i>Ceratopogonidae</i>	6
<i>Cordulegasteridae</i>	3	<i>Chironomidae</i> (червоні)	8
<i>Corduliidae</i>	5	<i>Інші Chironomidae</i>	6
<i>Gomphidae</i>	1	<i>Dolichopodidae</i>	4
<i>Lestidae</i>	9	<i>Empididae</i>	6
<i>Libellulidae</i>	9	<i>Ephydriidae</i>	6
<i>Macromiidae</i>	3	<i>Muscidae</i>	6
<b>Mollusca</b>		<i>Psychodidae</i>	10
<i>Lymnaeidae</i>	6	<i>Simuliidae</i>	6
<i>Physidae</i>	8	<i>Syrphidae</i>	10
<i>Sphaeridae</i>	8	<i>Tabanidae</i>	6
<b>Oligochaeta</b>	8	<i>Tipulidae</i>	3
<b>Decapoda</b>	6	<b>Acariformes</b>	4
<b>Hirudinae</b>		<b>Coelenterata</b>	
<i>Bdellidae</i>	10	<i>Hydriidae</i>	
<i>Helobdella</i>	10	<i>Hydra sp.</i>	5

Використовуючи допоміжні дані таблиці 8.1 розрахунок індексу проводять за формулою:

$$FBI = \sum \frac{(x_i \cdot t_i)}{n}, \quad (8.1)$$

де  $x_i$  – кількість організмів певного таксону;

$t_i$  – значення толерантності (бальна оцінка) для певного таксону;

$n$  – загальна кількість толерантних таксонів (індикаторних) в пробі.

Для виконання лабораторної роботи необхідно провести оцінку якості води та встановити сапробіологічний стан річки Суха Московка в межах міста Запоріжжя, де було відібрано

проби макрозообентосу на різних створах річки. Таксономічна структура угруповань макрозообентосу дослідженого водотоку представлена у таблиці 8.3.

Оцінка якості води в залежності від значень індексу FBI проводять за даними таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Класифікація якості води за біотичним індексом

Значення індексу	Якість води	Ступінь органічного забруднення
0,00-3,50	відмінна	органічне забруднення відсутнє.
3,51-4,50	дуже добра	слабке органічне забруднення.
4,51-5,50	добра	деяке органічне забруднення.
5,51-6,50	задовільна	середнє органічне забруднення.
6,51-7,50	низька	суттєве органічне забруднення.
7,51-8,50	погана	дуже суттєве органічне забруднення.
8,51-10,00	дуже погана	сильне органічне забруднення.

Таблиця 8.3 – Видовий склад та чисельність (екз/м<sup>2</sup>) макрозообентосу р. Суха Московка

Таксони	Кількість організмів в пробі						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Mollusca							
<i>Bithynia tentaculata</i> (L.)	26	10	14	—	2	—	—
<i>Planorbis planorbis</i> (Linne)	15	3	4	2	1	8	5
<i>Lymnaea stagnalis</i> (L.)	18	20	21	15	10	8	3
Isopoda							
<i>Asellus aquaticus</i> (Linne)	100	55	35	15	45	60	80
Gammaridae							
<i>Gammarus lacustris</i>	52	28	31	18	16	2	2
Ephemeroptera							
<i>Cloeon dipterum</i>	46	40	38	26	11	10	5
<i>Caenis macrura</i> Stephens	27	14	19	27	4	18	2
Diptera							
<i>Chironomus tentas</i> (L.)	65	22	35	52	35	21	19
<i>Tanytus vilipennis</i> Kieffer	23	15	18	20	24	10	5
<i>Chironomus plumosus</i> (L.)	85	78	65	54	35	30	15
<i>Tipulidae gen. sp.</i>	10	5	6	8	7	15	12
Trichoptera							
<i>Agrypnia pagetana</i> Curtis	20	17	14	—	—	—	—
<i>Hypopsyche angustipennis</i>	15	5	16	31	56	105	21

Продовження таблиці 8.3

Megaloptera							
<i>Sialis morio</i> Klst.	40	23	10	16	11	8	7
Hirudinea							
<i>Herpobdella octoculata</i> (L.)	9	12	25	6	18	15	20
<i>Glossiphonia complanata</i>	2	4	1	16	15	11	2
<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	19	15	13	10	8	18	15
Odonata							
<i>Libellula quadrimaculata</i>	13	2	10	12	5	3	4
<i>Platycnemis pennipes</i>	20	35	32	16	15	11	8

Примітка. С1-С2 – певні створи річки.

### Завдання для самостійної роботи:

1. Черевоногі молюски прісних водойм.
2. Бабки та веснянки як представники амфібіонтних комах.
3. Олігохети та п'явки прісних водойм.
4. Одноденки як представники амфібіонтних комах.
5. Волохокрильці як представники амфібіонтних комах.

### Контрольні питання:

1. Загальна характеристика біоіндикації водних екосистем.
2. Екологічний статус водного об'єкту, принцип річного басейну та інтегральний підхід в біоіндикації.
3. Основні принципи щодо вибору організмів біоіндикаторів.
4. Індикація водних екосистем за окремими таксономічними групами бентосу.
5. Зообентос та біоіндикація водних екосистем.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

**Тема:** Оцінка якості води водотоків за допомогою індексів Biological Monitoring Working Party Index (BMWP) та Average Score Per Taxon Index (ASPT).

**Мета:** За структурною організацією угруповань макрозообентосу оцінити якість води досліджених водотоків.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий гідробіологічний матеріал щодо якісних характеристик угруповань

макрозообентосу дослідженої водної екосистеми, плакати, визначники організмів досліджених груп, калькулятор.

**Теоретичний мінімум: Біотичне угруповання** – це будь яка сукупність популяцій, які населяють певну територію (біотоп), це організаційна одиниця, яка має деякі особисті властивості, що відрізняються від складових компонентів – особин та популяцій. Біотичне угруповання характеризується певною структурою та функцією, які можуть змінюватись під впливом екологічних факторів.

Вид біотичного угруповання визначається не тільки різноманіттям видів та іншими показниками, які відображають зв'язки між видами, що належать до складу біотичного угруповання. Функціонування угруповання та його стабільність залежать також від популяційних зв'язків, від розподілення організмів у просторі та характеру їх взаємодії з оточуючим природним середовищем. Все це є складовою поняття **внутрішньої організації угруповання**. Внутрішня організація угруповання характеризується на основі наступних параметрів або складових.

**Вертикальна ярусність (стратифікація)** в гідроекології нейстон, нектон, планктон, бентос, перифітон і т. д.

**Зональність (горизонтальні підрозділи)**. Рослини і тварини розташовані не рівномірно в екосистемі, а плямами (мозаїчно), в яких щільність може бути максимальною, або навпаки мінімальною.

**Активність (періодичність)**. Періодичність угруповання являється результатом синхронної активності в процесі дня та ночі цілих груп організмів. (Активність нічна, денна, сутінкова). Наприклад, вертикальна «міграція» зоопланктону у морях і озерах: веслоногі та гіллястовусі ракоподібні вночі рухаються до поверхні води вгору, а вдень рухаються – вниз. Для всіх угруповань також характерна сезонна періодичність, що змінює структуру угруповання впродовж року.

Основна класифікація водних угруповань здійснюється за двома екологічними факторами – за типом ґрунту і течією (що є визначним при формуванні умов існування гідробіонтів прісних вод). При класифікації типів угруповань виділяють

донні угруповання за основним типом донного субстрату, а також виділяють пелагічні угруповання та угруповання заростей вищих або нижчих водних рослин. При цьому для угруповань водотоків звичайно використовують приставку «рео-» (наприклад, літореофільне угруповання).

## ХІД РОБОТИ

**Завдання № 1.** Використовуючи біотичний індекс BMWP встановити якість води дослідженого водотоку.

Розроблений індекс Biological Monitoring Working Party Index був Інститутом прісноводної екології (Великобританія) у рамках системи RIVPACS, яка являється основою для екологічної оцінки стану водотоків у Великобританії та Австралії. Даний індекс також широко використовується в країнах Євросоюзу.

Для розрахунку показників біотичного індексу для індикаторних видів бентосного угруповання дослідженого водотоку встановлюють їх індикаторний бал за допомогою допоміжних даних із таблиці 9.1. Якісну і кількісну характеристику макрзообентосу подано у таблиці 9.4.

Таблиця 9.1 – Допоміжні данні для розрахунку біотичного індексу BMWP Index враховуючи індикаторну вагу організмів макрзообентосу (за Wright et al, 1993; Leeds-Harrison P.B. et al, 1996)

Групи	Таксони	Бали
1	2	3
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Siphonuridae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Ephemeridae, Potamanthidae, Heptageniidae</i>	<b>10</b>
<b>Plecoptera</b>	<i>Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Chloroperlidae</i>	
<b>Trichoptera</b>	<i>Phryganeidae, Molanidae, Beraeidae, Leptoceridae, Odontoceridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Goeridae</i>	
<b>Decapoda</b>	<i>Astacidae</i>	<b>8</b>
<b>Odonata</b>	<i>Lestidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Agrionidae</i>	
<b>Trichoptera</b>	<i>Philopotamidae, Psychomyiidae</i>	

## Продовження таблиці 9.1

<b>Ephemeroptera</b>	<i>Caenidae</i>	<b>7</b>
<b>Plecoptera</b>	<i>Nemouridae</i>	
<b>Trichoptera</b>	<i>Polycentropodidae, Limnephilidae, Rhyacophilidae</i>	
<b>Gastropoda</b>	<i>Neritidae, Viviparidae, Ancylidae</i>	<b>6</b>
<b>Bivalvia</b>	<i>Unionidae</i>	
<b>Amphipoda</b>	<i>Gammaridae, Corophilidae</i>	
<b>Odonata</b>	<i>Coenagrionidae, Platycnemidae</i>	
<b>Trichoptera</b>	<i>Hydroptilidae</i>	<b>5</b>
<b>Heteroptera</b>	<i>Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae</i>	
<b>Coleoptera</b>	<i>Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Elminthidae, Chrysomelidae, Curculionidae</i>	
<b>Trichoptera</b>	<i>Hydropsychidae</i>	
<b>Diptera</b>	<i>Tipulidae</i>	
<b>Diptera</b>	<i>Simuliidae</i>	
<b>Turbellaria</b>	<i>Planariidae, Dendrocoelidae</i>	
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Baetidae</i>	<b>4</b>
<b>Megaloptera</b>	<i>Sialidae</i>	
<b>Hirudinae</b>	<i>Piscicolidae</i>	
<b>Gastropoda</b>	<i>Lymnaeidae, Physidae, Valvatidae, Planorbidae</i>	<b>3</b>
<b>Bivalvia</b>	<i>Sphaeriidae</i>	
<b>Hirudinae</b>	<i>Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae</i>	
<b>Isopoda</b>	<i>Asellidae</i>	
<b>Diptera</b>	<i>Chironomidae</i>	<b>2</b>
<b>Oligochaeta</b>	(клас у цілому)	<b>1</b>

Використовують допоміжну таблицю 1 наступним чином. Після визначення видового складу організмів макрозообентосу на певному створі водотоку гідробіонтам згідно даних таблиці надається бальна оцінка. Отримані бали сумують і дана сума представляє собою значення індексу на цьому створі (станції) ріки (табл. 9.2).

Таблиця 9.2 – Показники індексу BMWP Index та якість води

Значення індексу	Якість води
> 150	Відмінна
101-150	Дуже добра
51-100	Добра
26-50	Низька
< 25	Погана

**Завдання № 2.** Використовуючи біотичний індекс ASPT встановити якість води дослідженого водотоку.

Даний біотичний індекс є похідним від BMWP Index та розраховується за слідкуючою формулою:

$$ASPT = \frac{BMWP}{N} \quad (9.1)$$

де N – кількість визначених таксонів макрозообентосу.

Індекс ASPT має властивість зменшувати вклад випадкових таксономічних груп макрозообентосу, які були виявлені в таксонах з високою бальною оцінкою. У зв'язку з цим сумісне використання цих двох індексів дозволяє більш реалістично оцінити якість води.

На відміну від BMWP Index, даний індекс має сім градацій якості води дивись таблицю 9.3.

Таблиця 9.3 – Показники індексу ASPT та якість води

Значення індексу	Якість води	Рейтинг
5+	Відмінна	7
4,5-4,9	Дуже добра	6
4,1-4,4	Добра	5
3,6-4,0	Задовільна	4
3,1-3,5	Низька	3
2,1-3,0	Погана	2
0-2,0	Дуже погана	1

Таблиця 9.4 – Таксономічний склад та чисельність (екз/м<sup>2</sup>) макрозообентосу р. Конка

Таксони	Кількість організмів в пробі						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Mollusca							
<i>Bithynia tentaculata</i> (L.)	—	10	14	—	2	—	—
<i>Planorbis planorbis</i>	15	—	4	2	1	8	5
<i>Physa fontinalis</i> (Linne)	21	17	—	19	8	10	2
Isopoda							
<i>Asellus aquaticus</i> (Linne)	100	55	35	15	45	60	80
Gammaridae							
<i>Gammarus lacustris</i>	52	28	31	18	16	2	2
Ephemeroptera							
<i>Cloeon dipterum</i>	46	40	38	26	11	10	5
<i>Baetis sp.</i>	—	—	16	17	12	9	4
Diptera							
<i>Chironomus tentas</i> (L.)	65	22	35	52	35	21	—
<i>Chironomus plumosus</i>	85	78	65	54	35	—	15
Trichoptera							
<i>Agrypnia pagetana</i> Curtis	20	17	14	—	—	—	—
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	15	5	16	31	56	105	21
Megaloptera							
<i>Sialis morio</i> Klst.	40	23	10	16	11	8	7
Hirudinea							
<i>Glossiphonia complanata</i>	2	4	—	—	15	11	—
<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	—	15	13	10	—	18	15
Odonata							
<i>Libellula quadrimaculata</i>	13	2	10	12	5	—	4
<i>Calopteryx splendens</i>	12	10	9	7	—	14	12
<i>Aeschna viridis</i>	—	6	2	8	4	—	3
Heteroptera							
<i>Naucoris cimicoides</i>	—	4	2	3	—	4	—
<i>Corixa punctata</i>	2	—	4	—	3	4	—

Примітка. C1-C2 – певні створи річки.

Також необхідно порівняти як змінюються показники якості води розраховані за двома індексами на різних створах басейну річки Конка (побудуйте графік та зробіть висновки).

#### Завдання для самостійної роботи:

1. Двостулкові молюски прісних водойм.
2. Хірономіди як представники амфібіонтних комах.



3. Водні клопи як представники водних комах.
4. Водні твердокрилі як представники водних комах.
5. Ракоподібні прісних водойм.

**Контрольні питання:**

1. Кількісні показники та видове різноманіття зообентосу в біоіндикації.
2. Біоіндикація водних екосистем за трофічною структурою бентосу.
3. Циклічні та нециклічні міграції хімічних елементів у водних екосистемах.
4. Біоіндикаційні дослідження водних екосистем за життєвою стратегією гідробіонтів.
5. Еталонні створи та їх характеристика.

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10**

**Тема:** Визначення ступеню забруднення води за допомогою хірономідного індексу.

**Мета:** За структурною організацією угруповань хірономід визначити ступінь забруднення води дослідженого водного об'єкту.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий гідробіологічний матеріал щодо якісних характеристик угруповань хірономід дослідженої водної екосистеми, плакати, визначники організмів дослідженої групи, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Личинки хірономід заселяють різні водойми та водотоки всіх типів, досягаючи в них чисельності до декількох тисяч особин на 1 м<sup>2</sup>. Як важливіший компонент донних біоценозів хірономіди мають первинне значення у функціонуванні цього компонента екосистеми водойм і, будучи активним учасником процесів самоочищення, дійсно викликають науковий інтерес, як з теоретичної, так і з практичної точки зору.

Високе видове різноманіття хірономід порівняно з іншими донними безхребетними свідчать, що вони мають широкий спектр відповідних реакцій на зовнішній вплив.

Хірономіди мають суттєве біоіндикаційне значення на біоценотичному рівні (на рівні угруповань). Загальновизнаними можна вважати декілька методів біоіндикації з швидкою оцінкою якості води, в яких упродовж значного періоду використовуються личинки хірономід:

- оцінка видового складу чи багатства таксономічних груп;
- підрахунок чисельності всіх зібраних організмів, корті мають індикаційну значущість;
- оцінка різноманітності угруповань;
- індекси схожості угруповань (наприклад, застосування індексів Жаккара, С'єренсена);
- біотичні індекси (індекс Вудівісса);
- встановлення трофічної структури з виділених функціональних груп харчування;
- комбіновані індекси (індекс Балушкіной).

Хірономіди використовуються також в гострих, хронічних та токсикологічних дослідженнях. В залежності від мети токсикологічні дослідження проводяться в мікрокосмах (невеликих експериментальних системах, заповнених біотою, що контролюються) та мезокосмах (великих природних експериментальних системах) для вивчення, наприклад, впливу стоків (або класифікації токсичності стічних вод) на окремих живий організм чи комплекс таксонів. Таким чином, хірономіди надійно зарекомендували себе при вивченні морфологічних деформацій як маркери при трофічній класифікації озер і в палеолімнології, а також при проведенні токсикологічних досліджень.

До числа негативних факторів при здійсненні біоіндикаційних досліджень за допомогою личинок хірономід можна віднести наступне:

1. короткі життєві цикли (що перешкоджає в окремих випадках дати пояснення тимчасовим змінам, викликаних зовнішніми впливами);
2. відсутність достатньої інформації про відповідні реакції окремих видів на різні типи забруднень;

3. невеликі розміри личинок хірономід порівняно з іншими макробезхребетними.

### ХІД РОБОТИ

**Завдання № 1.** Провести оцінку ступеня забрудненості вод Балабинської затоки використовуючи хірономідний індекс Балушкіної, знаючи кількісні показники личинок хірономід в пробах макрзообентосу на різних станціях водойми таблиця 2. Отримані результати представити графічно. Розрахуйте середнє значення хірономідного індексу, зробіть висновок.

Індекс Балушкіної (1976) оснований на тому, що в якості біоіндикаторів були використані представники родини хірономід. Проведений ґрунтовний аналіз складу хірономід на вивчених ділянках різних річок та літературні дані вказують на те, що співвідношення чисельності окремих підродин хірономід пов'язано головним чином із забрудненням водних екосистем.

Під впливом забруднення закономірно змінюється співвідношення чисельності личинок та лялечок хірономід, що належать різним підродинам *Chironominae*, *Orthoclaadiinae*, *Tanytoidinae*. Запропонований індекс відображає це співвідношення та може використовуватись для якісної оцінки забруднених вод.

$$K = \frac{a_t + 0.5a_{ch}}{a_{or}}, \quad (10.1)$$

де  $a_t$ ,  $a_{ch}$  та  $a_{or}$  – індикаторні значення представників кожного із підродин хірономід.

Величина  $a = N + 10$ , де  $N$  – відносна чисельність особин всіх видів підродин ( $t$  – *Tanytoidinae*,  $ch$  – *Chironominae*,  $or$  – *Orthoclaadiinae*), що виражена в процентах від загальної чисельності всіх хірономід виявлених в пробі.

Для розрахунку індексу емпірично було запропоновано  $N + 10$ . Друга складова суми (10) обмежує межі ймовірних значень  $K$ . Взввши замість 10 іншу велику величину, ми таким чином зменшили б інтервал можливих значень  $K$  і в подальшому

знизили б чутливість індексу. Індикаторне значення підродини *Chironominae* знижено в два рази ( $0,5a_{ch}$ ) на тій підставі, що в найбільш чистих водах відносна чисельність ортокладін наближувалась до 100% (не враховувати форми заростей рослин, представники роду *Cricotopus*), в найбільш забруднених водах відносна чисельність таніподін також дорівнювала 100%. Збільшення ж відносної чисельності хірономін в забруднених водах та зменшення в чистих водах було менш вираженим. Таким чином індикаторне значення хірономід нижче ніж ортокладін та таніподін.

При вибраних значеннях  $a = N + 10$  та зробленої оцінки індикаторного значення підродин, яка дорівнює для таніподін і ортокладін одиниці, а для хірономін 0,5, нижня границя індексу  $K$  дорівнює 0,136. При цьому хірономіди представлені виключно *Orthoclaadiinae*. Найвище значення індексу  $K = 11,5$ , характеризує угруповання хірономід, що представлене виключно підродиною *Tanypodinae*. Значення індексу  $K$  та їх інтерпретація щодо якості води представлено в таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 – Величини індексу Балушкіної ( $K$ ) та оцінка якості води

Значення індексу	Ступінь забруднення води
0,136-1,08	Чисті води
1,08-6,5	Помірно забруднені води
6,5-9,0	Забруднені води
9,0-11,5	Брудні води

Перша межа на шкалі  $K = 1,08$  була визначена тому, що в чистих водах чисельність *Orthoclaadiinae* не повинна бути нижче 40%, чисельність *Chironominae* не менше 40% та чисельність *Tanypodinae* не більше 20%.  $K = 6,5$  являється межею помірно забруднених вод у яких відносна чисельність хірономін може досягати 100%. Третя обмеження шкали  $K = 9,0$  характеризується рівновагою у співвідношенні підродин *Tanypodinae* та *Chironominae*. Всі значення більше  $K > 9,0$  вказують на збільшення відносної чисельності *Tanypodinae*, що спостерігається при поступовому збільшенні забруднення води.

Оцінка ступеню забруднення водних екосистем із використанням індексу Балушкіної добре узгоджується з гідрохімічними та іншими біологічними даними.

Переваги запропонованого індексу полягають у тому, що він не потребує досконалого визначення видового складу личинок хірономід, розрахунок індексу простий і достатньо реально відображає ступінь забруднення. Але треба зазначити, що на величину індексу може впливати виліт окремих систематичних груп хірономід (сезонна динаміка чисельності популяцій), а також розмір проби, особливо у тих випадках, коли чисельність хірономід невелика. Враховуючи те, що в основі розрахунку індексу використовуються тільки хірономіди, індекс більш точно виражає стан донних відкладень і в меншій мірі – якість самої води.

Індекс Балушкіної використовують тільки в країнах СНГ.

Таблиця 10.2 – Чисельність хірономід Балабинської затоки верхів'я Каховського водосховища (екз/м<sup>2</sup>)

Таксони	Чисельність організмів в пробі					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
<i>Chironomus tentas</i> (L.)	65	120	35	52	35	200
<i>Tanytus vilipennis</i> Kieffer	23	15	18	—	—	10
<i>Chironomus plumosus</i> (L.)	85	78	65	54	135	—
<i>Lipiniella arenicola</i> Shilova	30	—	45	20	50	70
<i>Tanytus punctipennis</i> Meigen	40	50	—	100	120	110
<i>Ablabesmyia gr. lentiginosa</i> Fries	—	20	40	40	60	—
<i>Ablabesmyia gr. monilis</i> L.	10	15	25	30	10	80
<i>Anatopynia plumipes</i> (Fries)	60	95	—	80	65	80
<i>Harnischia</i> sp.	50	40	45	100	—	150
<i>Orthocladius gr. saxicola</i> Kieffer	40	30	20	50	90	60
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> Kieffer	40	60	80	100	50	110
<i>Cricotopus gr. silvestris</i> Fabricius	150	50	100	20	90	50
<i>Diamesa coronata</i> Tshern.	—	20	15	10	30	40

Примітка. C1-C6 – певні станції затоки.

**Завдання для самостійної роботи:**

1. Векторні та стохастичні міграції хімічних елементів у водних екосистемах.
2. Розщеплення молекул забруднюючих речовин у водоймах.
3. Участь основних крупних таксонів гідробіонтів у процесах самоочищення водних екосистем.
4. Надійність системи самоочищення води та її механізми.
5. Використання теоретичних положень щодо самоочищення водних екосистем у природоохоронній практиці.

**Контрольні питання:**

1. У чому полягають переваги хірономід у біоіндикаційних дослідженнях?
2. Морфологічні деформації личинок хірономід та оцінка стану водної екосистеми.
3. Поведінкові реакції личинок хірономід на токсичне і побутове забруднення.
4. Індикація поверхневих вод за допомогою хірономід на популяційному рівні.

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11**

**Тема:** Визначення ступеню забруднення води за допомогою Invertebrate Community Index (ICI).

**Мета:** За структурною організацією угруповань макрозообентосу визначити ступінь забруднення води дослідженого водного об'єкту.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий гідробіологічний матеріал щодо якісних характеристик угруповань макрозообентосу дослідженої водної екосистеми, плакати, визначники донних безхребетних, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Індекс Invertebrate Community Index був розроблений в США, а саме в Ohio (1987). Він містить десять метрик за якими й визначають в подальшому якість води:

1. Загальна кількість таксонів (видів чи форм);

2. Загальна чисельність личинок одноденок (*Ephemeroptera*);
3. Загальна чисельність личинок волохокрильців (*Trichoptera*);
4. Загальна чисельність комах двокрилих (*Diptera*);
5. Відсоток личинок одноденок (*Ephemeroptera*);
6. Відсоток личинок волохокрильців (*Trichoptera*);
7. Відсоток триби (*Tanytarsini*) личинок комарів-дзвінців;
8. Відсоток інших видів безхребетних (виключаючи личинок та імаго комах);
9. Відсоток інтолерантних організмів;
10. Загальна чисельність личинок одноденок, веснянок та волохокрильців (ЕРТ).

Метрика 9 (відсоток інтолерантних організмів) включає до себе наступні групи безхребетних: *Mollusca* (*Ferrisia*, *Physella*), *Oligochaeta*, *Diptera* (*Cricotopus*, *Glyptotendipes*, *Chironomus*, *Parachironomus*, *Nanocladius*, *Polypedium*, *Dicrotendipes*, *Psectrotanypus*).

Методика розрахунку індексу полягає в тому, що кожна метрика надає оцінку умов існування угруповання макрозообентосу та має чотири градації якості води: 6 – добра, 4 – задовільна, 2 – погана, 0 – відсутність життя. В подальшому проводиться загальна сумація отриманих балів та визначається якість води виходячи із наведеної нижче таблиці 11.1. Значення індексу можуть змінюватись у певних межах від 0 до 60.

Таблиця 11.1 – Показники індексу Invertebrate Community Index (ICI) та якість води

Сума балів за метриками	Якість води
0-1	Відсутність життя
2-13	Погана якість води
14-31	Задовільна якість води
32-47	Добра якість води
> 48	Дуже добра якість води

Переваги використання індексу ICI для оцінки якості води полягає у тому, що в основі його розрахунку використані не

тільки чутливі до забруднення види безхребетних, а також їх чисельність.

### ХІД РОБОТИ

**Завдання № 1.** Провести оцінку якості води річки Конка за індексом ІСІ використовуючи данні таблиць 11.2. та 11.3. Зробити висновок.

Таблиця 11.2 – Таксономічний склад та чисельність (екз/м<sup>2</sup>) макрозообентосу р. Конка

Таксони	Чисельність організмів в пробі, екз/м <sup>2</sup>						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
1	2	3	4	5	6	7	8
Mollusca							
<i>Bithynia tentaculata (L.)</i>	<b>20</b>	10	14	—	2	—	—
<i>Planorbis planorbis (Linne)</i>	<b>15</b>	—	4	2	—	8	5
<i>Lymnaea stagnalis (L.)</i>	<b>18</b>	20	21	15	—	—	—
<i>Physa fontinalis (Linne)</i>	<b>21</b>	17	—	19	8	10	—
Isopoda							
<i>Asellus aquaticus (Linne)</i>	<b>100</b>	55	35	15	45	60	80
Gammaridae							
<i>Gammarus lacustris</i>	<b>52</b>	28	31	—	16	—	—
Ephemeroptera							
<i>Cloeon dipterum</i>	<b>46</b>	40	—	26	—	10	—
<i>Caenis macrura Stephens</i>	<b>27</b>	14	—	—	4	—	2
<i>Baetis sp.</i>	<b>30</b>	—	16	17	—	—	—
Diptera							
<i>Chironomus tentas (L.)</i>	—	22	35	52	35	21	—
<i>Tanytarsus sp.</i>	<b>23</b>	15	18	—	—	—	5
<i>Chironomus plumosus (L.)</i>	<b>10</b>	78	—	54	35	—	65
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i>	<b>10</b>	—	6	8	7	15	
<i>Cricotopus gr. silvestris</i>	<b>5</b>	4	—	—	—	—	—
Trichoptera							
<i>Agrypnia pagetana Curtis</i>	<b>20</b>	10	14	—	—	—	—
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	<b>150</b>	70	65	31	50	40	—
Megaloptera							
<i>Sialis morio Klst.</i>	<b>40</b>	23	10	16	11	8	7



Продовження таблиці 11.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Hirudinea							
<i>Herpobdella octoculata</i> (L.)	9	—	25	6	—	15	20
<i>Glossiphonia complanata</i>	2	4	—	—	15	—	—
<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	—	—	13	10	—	18	15
Odonata							
<i>Libellula quadrimaculata</i>	13	2	10	12	—	—	—
<i>Platycnemis pennipes</i>	20	35	—	—	15	11	—
<i>Calopteryx splendens</i>	12	—	9	7	—	—	12
<i>Aeschna viridis</i>	5	6	—	8	—	—	—
<i>Coenagrion puella</i>	15	—	12	—	10	—	—

Примітка. С1-С7 – певні створи річки, де С1 – еталонний створ річки.

Визначення балів для кожної метрики встановлюють виходячи із даних таблиці 11.3, де у порівнянні з еталонним створом дослідженої річки вказані бали для тих чи інших кількісних характеристик макрозообентосу р. Конка.

Таблиця 11.3 – Бальна оцінка метрик для індексу ІСІ виходячи із даних макрозообентосу р. Конка

Метрика	Бали			
	6	4	2	0
1	2	3	4	5
1. Загальна кількість таксонів (видів чи форм)	> 18	15-17	1-14	0
2. Загальна чисельність личинок одноденок ( <i>Ephemeroptera</i> )	> 80	79-50	49-1	0
3. Загальна чисельність личинок волохокрильців ( <i>Trichoptera</i> )	> 80	79-50	49-1	0
4. Загальна чисельність комах двокрилих ( <i>Diptera</i> )	> 320	319-240	239-100	99-1
5. Відсоток личинок одноденок ( <i>Ephemeroptera</i> )	100-76%	75-51%	50-26%	< 26%

Продовження таблиці 11.3

1	2	3	4	5
6. Відсоток личинок волохокрильців ( <i>Trichoptera</i> )	100-76%	75-51%	50-26%	< 26%
7. Відсоток триби ( <i>Tanytarsini</i> ) личинок комарів-дзвінців	> 50%	49-30%	29-10%	< 10%
8. Відсоток інших видів безхребетних (виключаючи личинок та імаго комах)	100-80%	79-50%	49-20%	< 20%
9. Відсоток інтолерантних організмів	< 20%	21-50%	51-70%	> 70%
10. Загальна чисельність личинок одноденок, веснянок та волохокрильців (ЕРТ)	> 200	199-140	139-80	< 80

### Завдання для самостійної роботи:

1. Американська система (*Rapid Bioassessment Protocols*) RBPs щодо оцінки стану водних екосистем.
2. Утворення і формування консорції двостулкових молюсків у прісноводних екосистемах.
3. Поняття консорції та її характеристика.
4. Еталонні створи та їх характеристика.

### Контрольні питання:

1. У чому полягають переваги щодо використання Invertebrate Community Index для оцінки якості води поверхневих водних екосистем?
2. Які групи водних комах головним чином використовуються для біоіндикаційних досліджень при використанні індексу Invertebrate Community Index? Чому саме ці групи водних безхребетних?
3. Наведіть приклади певних видів та форм інтолерантних видів угруповань макрозообентосу.
4. Що розуміють під метрикою у гідробіологічних дослідженнях водних екосистем?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

**Тема:** Визначення ступеню забруднення води за допомогою Indice Biologique Global Normalize (IBGN).

**Мета:** За структурною організацією угруповань макрозообентосу визначити ступінь забруднення води дослідженого водного об'єкту.

**Обладнання та матеріали:** роздатковий гідробиологічний матеріал щодо якісних характеристик угруповань макрозообентосу дослідженої водної екосистеми, плакати, визначники донних безхребетних, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** Угруповання організмів та самі екосистеми мають внутрішню структуру. Вона характеризується кількістю видів організмів, із яких вона складається, чисельністю, біомасою, ступенем домінування певних видів, різними видами взаємовідносин, особливо трофічними, конкурентними, симбіотичними та іншими. Структура екосистем і угруповань організмів може змінюватись у часі і просторі, а також під впливом різноманітних факторів середовища, у тому числі й антропогенних.

Живі організми, які представлені особинами та видами, існують завдяки взаємовідносинам між собою та оточуючим середовищем. Їх еволюція проходила й проходить у межах угруповань та екосистем.

Для оцінки стану водних екосистем використовують різні групи водних організмів. Перевага організмів індикаторів полягає у тому що вони:

1. об'єднують всі без виключення біологічно важливі данні які характеризують оточуюче середовище і відображають його стан у цілому;
2. уникають використання трудомістких та дорогих фізичних та хімічних методів для вимірювання біологічних параметрів;
3. відображають швидкість змін що відбуваються в оточуючому середовищі;
4. вказують шляхи та місце накопичення в екологічних системах різного роду забруднювачів та можливі шляхи потрапляння цих агентів до їжі людини;

5. дозволяють робити висновки щодо шкідливості тих чи інших речовин для організму людини;
6. надають можливість контролювати дію багатьох синтетичних речовин;
7. допомагають нормувати допустиме навантаження на екосистеми, що відрізняються своєю стійкістю до антропогенного впливу.

Видовий склад угруповань організмів досить приблизно описує структуру угруповань. Тому що не приймаються до уваги кількісні взаємовідносини між видами, втрачається інформація щодо рідкості одних видів і звичайності інших видів.

Більш точно описує структуру угруповань – видове різноманіття угруповань тварин. Різноманіття угруповань донних і планктонних тварин залежить від впливу факторів зовнішнього середовища:

- кількості взмучених у воді органічних речовин,
- сульфатів і мінеральних речовин у донних відкладах,
- розмірів частин ґрунту,
- швидкості течії води,
- температури.

У водоймах або ділянках річок, що не підлягають забрудненню в угрупованнях гідробіонтів серед переважаючих видів домінують стенобіонтні, а в умовах забруднення – еврибіонтні види. Різноманіття угруповань тварин різко зменшується, коли співвідношення стено- і еврибіонтних видів виявляється меншими 60%. Аналогічний зв'язок різноманіття із співвідношенням оліго- і евтрофних видів був отриманий для угруповань зоопланктону озер із різної продуктивністю.

Різноманіття угруповань донних тварин залишається на досить високому рівні, поки частка хижих тварин знаходиться у межах 10-30%, потім різноманіття угруповання різко зменшується, якщо зменшується значення хижих тварин в донному угрупованні. Звичайно це відбувається при забрудненні вод або внаслідок деяких інших антропогенних впливів.

Для кількісної оцінки складності структури угруповань тварин широко використовують індекси видового різноманіття.

Серед різноманітних індексів найширшого використання набув інформаційний індекс Шеннона, у якому інформація розглядається як міра різноманіття.

$$H = -\sum \left( \frac{N_i}{N} \right) \cdot \log_2 \left( \frac{N_i}{N} \right), \quad (12.1)$$

$$H = -\sum \left( \frac{B_i}{B} \right) \cdot \log_2 \left( \frac{B_i}{B} \right) \quad (12.2)$$

Цей індекс об'єднує велику кількість інформації щодо чисельності та видового складу організмів, включаючи кількість видів їх ступінь домінування.

Індекс Шеннона з математичної точки зору визначається у межах від нуля до необмеженості, тоді як у природних екосистемах він рідко перевищує 4,5-5,0 біт/екз.

Різноманіття угруповань може слугувати мірою складності їх структури. В угрупованнях з більш високими величинами індексу різноманіття збільшується складність трофічних зв'язків, наприклад зростає роль хижаків, організмів-фільтраторів та інших представників. Зростання величини індексу різноманіття вказує на збільшення невизначеності та однорідності структури. І навпаки, зниження вказує, що структура стає менш однорідною та зростає домінування її певних окремих елементів. Однорідність структури пов'язана із ступенем її складності, так збільшення однорідності свідчить про зростання складності структури і навпаки, при зниженні однорідності структура угруповання спрощується.

Різноманіття, а також і складність структури угруповань гідробіонтів та екосистем, змінюється під впливом різних факторів оточуючого середовища, в тому числі й антропогенних. Складність угруповань зменшується при забрудненні, евтрофікації, ацидофікації вод.

Так, при забрудненні або евтрофікації водою в угрупованнях донних і планктонних тварин видове різноманіття

знижується, структура їх спрощується, а серед домінуючих видів переважають еврибонтні види з широкими екологічними спектрами. Для систем які більш складно організовані характерно більш високі показники індексу різноманіття.

## ХІД РОБОТИ

**Завдання № 1.** Провести оцінку якості води річки Конка за індексом Indice Biologique Global Normalize (IBGN) використовуючи данні таблиць 12.1. – 12.5. Зробити висновок.

Індекс (IBGN) був розроблений у Франції для системи моніторингу водних екосистем та являється стандартом для водотоків Франції (AFNOR, 1992). Цей індекс зараз також використовується у Бельгії.

Індекс (IBGN) містить велику кількість таксономічних груп макрозообентосу, серед яких виділені індикаторні групи див. таблицю 12.1.

Таблиця 12.1 – Таксономічний лист різних груп макрозообентосу для індексу (IBGN)

<b>TRICHOPTERA</b>	<b>EPTHEMEROPTERA</b>	<b>ODONATA</b>
<i>Beraeidae</i>	<i>Baetidae</i>	<i>Aeshnidae</i>
<i>Brachycentridae</i>	<i>Caenidae</i>	<i>Coenagrionidae</i>
<i>Glossosomatidae</i>	<i>Ephemerellidae</i>	<i>Platycnemidae</i>
<i>Goeridae</i>	<i>Ephemeridae</i>	<i>Lestidae</i>
<i>Hydropsychidae</i>	<i>Heptageniidae</i>	<i>Libellulidae</i>
<i>Hydroptilidae</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	<i>Gomphidae</i>
<i>Lepidostomatidae</i>	<i>Potamanthidae</i>	<i>Cordulegasteridae</i>
<i>Leptoceridae</i>	<i>Polymitarcidae</i>	<i>Corduliidae</i>
<i>Limnephilidae</i>	<b>HETEROPTERA</b>	<i>Calopterygidae</i>
<i>Molannidae</i>	<i>Aphelocheridae</i>	<b>HIRUDINEA</b>
<i>Odontoceridae</i>	<i>Gerridae</i>	<i>Glossiphoniidae</i>
<i>Philopotamidae</i>	<i>Nepidae</i>	<i>Hirudidae</i>
<i>Polycentropodidae</i>	<i>Naucoridae</i>	<i>Erpobdellidae</i>
<i>Psychomyiidae</i>	<i>Notonectidae</i>	<i>Piscicolidae</i>
<i>Rhyacophilidae</i>	<i>Pleidae</i>	<b>AMPHIPODA</b>
<i>Sericostomatidae</i>	<i>Corixidae</i>	<i>Gammaridae</i>
<b>OLIGOCHAETA</b>	<i>Hydrometridae</i>	<b>ISOPODA</b>
<b>NEMATHELMINTHES</b>	<b>HYDRACARINA</b>	<i>Asellidae</i>

## Продовження таблиці 12.1

<b>DIPTERA</b>	<b>PLECOPTERA</b>	<b>MOLLUSCA</b>
<i>Chironomidae</i>	<i>Capniidae</i>	<i>Neritidae</i>
<i>Simuliidae</i>	<i>Chloroperlidae</i>	<i>Viviparidae</i>
<i>Tipulidae</i>	<i>Leuctridae</i>	<i>Ancylidae</i>
<i>Syrphidae</i>	<i>Nemouridae</i>	<i>Lymnaeidae</i>
<i>Tabanidae</i>	<i>Perlodidae</i>	<i>Physidae</i>
<i>Ceratopogonidae</i>	<i>Perlidae</i>	<i>Valvatidae</i>
<i>Athericidae</i>	<i>Taeniopterygidae</i>	<i>Planorbidae</i>
<i>Culicidae</i>	<b>COLEOPTERA</b>	<i>Bithynidae</i>
<b>MEGALOPTERA</b>	<i>Elmidae</i>	<i>Unionidae</i>
<i>Sialidae</i>	<i>Haliplidae</i>	<i>Sphaeridae</i>
<b>NEMERTINA</b>	<i>Dytiscidae</i>	<i>Dreissenidae</i>
<b>HYDROZOA</b>	<i>Hydrophilidae</i>	<i>Anodonta</i>
<b>SPONGIARIA</b>	<i>Gyrinidae</i>	<i>Pisidium</i>
<b>BRYOZOA</b>	<i>Helodidae</i>	<i>Bulinidae</i>

Розрахунок індексу виконують наступним чином. Спочатку підраховують загальну кількість таксономічних груп (ТГ) і цьому показнику надається певний ранг виходячи із даних таблиці 12.2.

Таблиця 12.2 – Ранговий показник таксономічних груп макрозообентосу

Таксономічні групи	Ранг таксономічних груп	Таксономічні групи	Ранг таксономічних груп
>50	14	24-21	7
49-45	13	20-17	6
44-41	12	16-13	5
40-37	11	12-10	4
36-33	10	9-7	3
32-29	9	6-4	2
28-25	8	3-1	1

Потім розраховують суму балів для індикаторних таксономічних груп (ІТГ) виходячи із даних таблиці 12.3.

Таблиця 12.3 – Бальна оцінка для індикаторних груп видів макрозообентосу

Таксономічні групи	ІТГ	Таксономічні групи	ІТГ	Таксономічні групи	ІТГ
<i>Chloroperlidae</i> <i>Perlidae</i> <i>Perlodidae</i> <i>Taeniopterygidae</i>	9	<i>Nemouridae</i> <i>Lepidostomatidae</i> <i>Sericostomatidae</i> <i>Ephemeridae</i>	6	<i>Limnephilidae</i> <i>Hydropsychidae</i> <i>Ephemerellidae</i> <i>Aphelocheiridae</i>	3
<i>Capniidae</i> <i>Brachycentridae</i> <i>Odontoceridae</i> <i>Philopotamidae</i>	8	<i>Hydroptilidae</i> <i>Heptageniidae</i> <i>Potamanthidae</i> <i>Polymitarcidae</i>	5	<i>Baetidae</i> <i>Caenidae</i> <i>Elmidae</i> <i>Gammaridae</i> <i>Mollusca</i>	2
<i>Leuctridae</i> <i>Glossosomatidae</i> <i>Beraeidae</i> <i>Goeridae</i> <i>Leptophlebiidae</i>	7	<i>Leptoceridae</i> <i>Polycentropodi-</i> <i>idae</i> <i>Psychomyiidae</i> <i>Rhyacophilidae</i>	4	<i>Chironomidae</i> <i>Asellidae</i> <i>Hirudinea</i> <i>Oligochaeta</i>	1

Значення біотичного індексу (IBGN) визначають із наступної розрахункової формули  $IBGN = ITG + TG - 1$ .

Якість води певного водотоку визначають виходячи із даних таблиці 12.4, де вказані межі показника індексу IBGN.

Таблиця 12.4 – Величини (показники) біотичного індексу IBGN та якість води

Величина індексу	Якість води водотоку
20-17	Дуже добра
16-13	Добра
12-9	Задовільна
8-5	Погана
4-0	Дуже погана



Таблиця 12.5 – Таксономічний склад та кількість донних організмів в пробах макрозообентосу р. Конка

Таксони	Кількість організмів в пробі						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
1	2	3	4	5	6	7	8
Mollusca							
<i>Bithynia tentaculata</i> (L.)	—	10	14	—	2	—	—
<i>Planorbis planorbis</i> (Linne)	15	—	4	2	1	8	5
<i>Lymnaea stagnalis</i> (L.)	18	20	21	15	10	8	3
<i>Physa fontinalis</i> (Linne)	21	17	—	19	8	—	—
Odonata							
<i>Libellula quadrimaculata</i>	13	2	10	12	—	—	—
<i>Platynemis pennipes</i>	20	35	—	16	15	—	—
<i>Calopteryx splendens</i>	12	—	9	7	—	14	—
<i>Aeschna viridis</i>	—	6	—	8	—	—	—
<i>Coenagrion puella</i>	15	16	12	—	—	—	—
Heteroptera							
<i>Notonecta glauca</i>	5	4	—	9	—	3	—
<i>Plea minutissima</i>	15	—	25	—	19	—	10
<i>Naucoris cimicoides</i>	—	4	2	3	—	—	—
<i>Corixa punctata</i>	2	—	4	—	—	—	—
Diptera							
<i>Chironomus tentas</i> (L.)	65	22	—	52	35	21	—
<i>Tanypus vilipennis</i> Kieffer	23	—	18	—	—	10	—
<i>Chironomus plumosus</i> (L.)	—	78	65	54	—	—	—
<i>Tipulidae gen. sp.</i>	10	—	6	—	—	—	—
<i>Culex sp.</i>	1	4	—	—	—	—	—
Trichoptera							
<i>Agrypnia pagetana</i> Curtis	20	17	14	—	—	—	—
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	—	—	16	31	56	105	21
<i>Athripsodes aterrimus</i>	12	—	10	—	5	—	—
Ephemeroptera							
<i>Cloeon dipterum</i>	46	40	38	26	11	10	5
<i>Caenis macrura</i> Stephens	27	14	19	27	4	—	—
<i>Baetis sp.</i>	—	—	16	17	—	—	—
Megaloptera							
<i>Sialis morio</i> Klst.	40	23	10	16	11	8	7
Hirudinea							
<i>Herpobdella octoculata</i> (L.)	9	—	25	6	18	—	20
<i>Glossiphonia complanata</i>	2	4	—	—	—	—	—
<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	—	15	13	10	—	18	15

Продовження таблиці 12.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Isopoda							
<i>Asellus aquaticus</i> (Linne)	100	55	35	—	45	—	80
Gammaridae							
<i>Gammarus lacustris</i>	52	—	31	18	—	2	—

Примітка. C1-C2 – певні створи річки.

**Завдання № 2.** Використовуючи таблиці 12.5, 12.6 та формулу для розрахунку індексу, розрахуйте видове різноманіття угруповань макрозообентосу дослідженого водотоку.

Таблиця 12.6 – Переведення значень логарифмів для отримання показників індексу видового різноманіття Шеннона в бітах

Основа логарифму, який використовується для розрахунку	Одиниці вимірювання	Коефіцієнт перекладу значень логарифмів для отримання показників індексу в бітах
2 ( $\log_2$ )	Binary digit, bit, біт	—
10 ( $\lg$ )	Decimal digit, decit, деціт	3,3219
e ( $\ln$ )	Natural bel, nat, nit, ніт	1,4426

**Завдання для самостійної роботи:**

1. Загальні уявлення про біотичну спільноту.
2. Внутрішня організація біотичної спільноти.
3. Показники структури спільноти.

**Контрольні питання:**

1. Видове різноманіття та методи його визначення.
2. Як за допомогою індексу біологічного різноманіття проводять індикацію водних екосистем?
3. Яка роль біорізноманіття у функціональній стабільності та еволюції екосистем?
4. Уявлення про домінування видів.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

**Тема:** Використання комбінованих індексів для моніторингу прісноводних водойм за зообентосом

**Мета:** Визначити ступінь забруднення води дослідженого водного об'єкту за допомогою використання інтегрального комбінованого індексу стану угруповань (за структурною організацією угруповань макрозообентосу).

**Обладнання та матеріали:** роздатковий гідробіологічний матеріал щодо якісних характеристик угруповань макрозообентосу дослідженої водної екосистеми, плакати, визначники донних безхребетних, калькулятор.

**Теоретичний мінімум:** В останній час світової практики застосовується більше 60 методів моніторингу водних екосистем за зообентосом, серед яких не має універсального або загальноприйнятого. Більшість із яких були розроблені закордонними науковцями і не можуть без суттєвих модифікацій використовуватися для вивчення водних об'єктів України (необхідно враховувати специфіку таких водойм, а також склад фауни і флори).

Для проведення комплексної оцінки екологічного стану водних об'єктів останнім часом широко використовують різні структурні характеристики угруповань організмів разом з іншими екологічними індексами, об'єднавши їх результати у вигляді комбінованого інтегрального показника. Для об'єднання різномірних показників та заміни їх одним числом використовують «комбінований індекс стану угруповань» (КІСУ), який розраховується за загальною методикою інтегральних рангових показників.

Для кількісної характеристики стану макрозообентосу використовують наступні показники:

- 1) чисельність (N);
- 2) біомасу (B);
- 3) кількість видів (S);
- 4) видове різноманіття угруповань макрозообентосу за індексом Шеннона (H);
- 5) середню сапробність (СС), що розраховують як середньозважену сапробність перших

переважаючих за чисельністю видів бентосних організмів.

Для об'єднання цих п'яти різнорідних показників та заміни їх одним числом використовують «комбінований індекс стану угруповань» (KICU), який розраховується за загальною методикою інтегральних рангових показників. Цей інтегральний показник був запропонований для дослідження зообентосу верхньої Волги (Баканов, Флеров, 1998). При використанні рангового показника (KICU) для дослідження донних безхребетних р. Мокра Московка у межах міста Запоріжжя ми не будемо використовувати шостий показник – олігохетний індекс Пареле, в наслідок того, що у складі макрозообентосу цього водотоку не було виявлено олігохет-тубіфіцид. Оскільки всі структурні показники характеризують стан угруповань макрозообентосу з різних сторін, то необхідно застосовувати наступний спосіб узагальнення даних. Спочатку для всіх досліджених станцій необхідно визначити їх ранг за кожним із п'яти показників, причому ранг 1 надається станції у випадку максимальних значень чисельності, біомаси, кількості видів, видового різноманіття Шеннона та мінімального значення середньої сапробності. Якщо значення будь-якого показника були однакові на кількох станціях, то їх характеризують одним середнім рангом. Кожному показнику надавали певну «вагу». Так, як середня сапробність (CC) більше залежить від забруднення (органічного), то її «вагу» приймали за 2, «вагу» біомаси угруповання (B) приймали за 1,5. «Вагу» інших показників – чисельності (N), кількості видів (S) та індексу видового різноманіття угруповання (H) приймали за 1.

Загальна формула за якою розраховується інтегральний показник (KICU) має наступний вигляд:

$$KICU = \frac{(2CC + 1,5B + N + H + S)}{6,5} \quad (13.1)$$

Підкреслимо, що у формулу підставляються не абсолютні значення окремих показників, а їх ранги.

Стан угруповань макрозообентосу на окремих станціях оцінюють шляхом розташування їх на певній лінійній шкалі типу «добре – задовільно – погано». Вважали, що стан угруповань бентосних організмів тим ліпший, чим вищі значення чисельності, біомаси, кількості видів, показника видового різноманіття та чим нижчі значення середньої сапробності і самого індексу КІСУ.

Розрахувавши ранговий показник (КІСУ) у подальшому необхідно отримати інтервал коливань цього показника та поділити його на три рівні так названі інтервальні відрізки. Таким чином значення КІСУ для певних станцій, що потрапили до першого інтервалу (мінімальні показники КІСУ) можуть оцінювати стан угруповань як добрий. Значення показників КІСУ, що потрапили до другого (середнього) інтервалу будуть характеризувати стан угруповань як задовільний. На станціях де значення КІСУ були максимальними (третій інтервал вибірки) стан угруповань можна оцінити як незадовільний (поганий).

Ступінь забруднення водних об'єктів органічними речовинами визначає їх сапробність, а розділ гідроекології, що вивчає такі забруднення, називається сапробіологія.

За ступенем забруднення вод органічними речовинами їх поділяють на ксеносапробні, олігосапробні, бета-мезосапробні, альфа-мезосапробні та полісапробні води.

В Україні згідно методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями, яка відноситься до міжвідомчого нормативного документу оцінка ступеня забрудненості поверхневих вод органічними речовинами визначається за індексом сапробності за Пантле-Букком в модифікації Сладечека, де використовуються середні значення індивідуальної сапробності видів та враховується чисельність виявлених видів-індикаторів. Його розраховують за формулою:

$$S_{PB} = \frac{\sum (N_i \cdot S_i)}{\sum N_i}; \quad (13.2)$$

де  $N_i$  – чисельність  $i$ -го виду,

$S_i$  – величина індексу сапробності  $i$ -го виду.

Для інтерпретації значень які отримують при розрахунках індексу сапробності враховують те що його показники в полісапробній зоні відповідають інтервалу – 4,0-3,5, в альфа-мезосапробній зоні – 3,5-2,5, в бета-мезосапробній зоні – 2,5-1,5 та в олігосапробній зоні 1,5-1,0.

Індекси сапробності для окремих індикаторних видів зообентосу представлені в таблиці 13.1.

Таблиця 13.1 – Список таксонів – індикаторів сапробності річки Мокра Московка в межах міста Запоріжжя

ТАКСОН	S	J	ТАКСОН	S	J
БАБКИ			ДВОКРИЛІ		
<i>Platycnemis pennipes</i>	3.0	1	<i>Limnophora riparia</i>	3.0	2
<i>Calopteryx splendens</i>	2.5	1	<i>Nevermannia angustitarsis</i>	2.0	1
<i>Aeschna viridis</i>	3.0	3	<i>Tipulidae gen. sp.</i>	2.9	1
<i>Enallagma cyathigerum</i>	2.8	3	<i>Culex sp.</i>	1.6	1
<i>Coenagrion armatum</i>	3.5	1	<i>Cricotopus gr. silvestris</i>	2.5	1
<i>Coenagrion puella (L.)</i>	3.5	1	<i>Chironomus plumosus</i>	3.8	4
<i>Ischnura elegans</i>	3.5	1	ДВОСТУЛКОВІ		
<i>Libellula depressa (L.)</i>	2.5	3	<i>Dreissena polymorpha</i>	2.7	2
<i>Orthetrum cancellatum</i>	2.1	3	БЕСЛОКРИЛІ		
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>	3.0	3	<i>Sialis morio</i>	2.0	1
ОДНОДЕНКИ			НАПІВТВЕРДОКРИЛІ (КЛОПИ)		
<i>Caenis horaria (L.)</i>	2.5	2	<i>Notonecta glauca (L.)</i>	3.0	1
<i>Baetis (B) buceratus</i>	2.0	1	<i>Plea minutissima</i>	2.5	3
<i>Cloeon dipterum (L.)</i>	2.8	2	<i>Nepa cinerea (L.)</i>	2.5	2
РАКОПОДІБНІ			<i>Naucoris cimicoides (L.)</i>	3.0	3
<i>Asellus aquaticus</i>	3	2	<i>Corixa punctata (Illiger)</i>	2.5	1
<i>Gammarus lacustris</i>	2.5	2	<i>Gerris lacustris (L.)</i>	2.5	1

Продовження таблиці 13.1

ТАКСОН	S	J	ТАКСОН	S	J
ВОЛОХОКРИЛЬЦІ			ЧЕРЕВОНОГІ МОЛЮСКИ		
<i>Limnephilus stigma</i>	1.5	3	<i>Lymnaea auricularia</i>	2.5	1
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	2.0	1	<i>Lymnaea stagnalis</i> (L.)	2.5	1
<i>Agrypnia pagetana</i>	2.5	2	<i>Lymnaea monnardi</i>	2.5	1
<i>Athripsodes aterrimus</i>	2.5	2	<i>Lymnaea palustris</i>	2.5	1
<i>Oecetis furva</i> (Rambur)	2.5	2	<i>Physa</i> ( <i>Physa</i> ) <i>fontinalis</i>	3.0	1
<i>Oecetis intima</i>	2.5	2	<i>Planorbis planorbis</i>	3.0	1
<i>Mystacides longicornis</i>	2.5	2	<i>Viviparus viviparus</i> (L.)	1.9	3
П'ЯВКИ			<i>Bithynia tentaculata</i>	2.5	1
<i>Piscicola geometra</i>	2.5	1	<i>Bithynia trocheli</i>	2.5	1
<i>Helobdella stagnalis</i>	2.5	1	<i>Lymnaea auricularia</i>	2.5	1
<i>Glossiphonia complanata</i>	2.6	2	ОЛІГОХЕТИ		
<i>Erpobdella octoculata</i>	2.9	2	<i>Aeolosoma hemprichi</i>	2.7	2
<i>Haemopsis sanguisuga</i>	1.9	3	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	3.6	3
ГУБКИ			<i>Stylodrilus heringianus</i>	2.4	1
<i>Spongilla lacustris</i> (L.)	1.7	4			

Примітки: S – сапробність, J – індикаторна вага таксона.

**Завдання № 1.** Для виконання лабораторної роботи проведемо оцінку якості води за структурними показниками макрозообентосу річки Мокра Московка використовуючи комбінований індекс стану угруповань (КІСУ) для різних ділянок (станцій) річки. Структурні показники угруповань макрозообентосу річки наведені у табл. 13.2.

Побудувати таблицю для надання певних рангів кожному із використаних показників для кожної дослідженої станції водотоку.

Побудувати відрізок діапазону значень отриманих даних комбінованого індексу угруповань макрозообентосу та вказати які значення індексу характеризують стан річки як «добрий», «задовільний» та «не задовільний – поганий».

Таблиця 13.2 – Структурні показники угруповань макрозообентосу р. Мокра Московка

Таксони	Кількість організмів в пробі						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Mollusca							
<i>Bithynia tentaculata</i> (L.)	—	10	14	—	20	—	—
<i>Planorbis planorbis</i>	15	—	12	15	10	8	5
<i>Lymnaea stagnalis</i> (L.)	18	20	20	15	10	8	3
<i>Physa fontinalis</i>	21	17	—	19	8	10	2
Isopoda							
<i>Asellus aquaticus</i>	100	55	35	—	45	—	80
Gammaridae							
<i>Gammarus lacustris</i>	52	—	35	18	—	12	—
Ephemeroptera							
<i>Cloeon dipterum</i>	46	40	38	26	11	10	5
<i>Caenis macrura</i>	27	14	20	27	15	18	2
<i>Baetis</i> sp.	—	—	15	17	12	9	4
Diptera							
<i>Chironomus tentans</i> (L.)	65	20	—	50	35	21	—
<i>Tanyopus vilipennis</i>	23	—	20	—	—	10	5
<i>Chironomus plumosus</i>	—	80	65	54	35	—	15
<i>Tipulidae</i> gen. sp.	10	—	6	8	10	15	12
<i>Culex</i> sp.	5	10	—	—	—	2	3
Trichoptera							
<i>Agrypnia pagetana</i>	10	5	—	15	10	20	—
<i>Athripsodes aterrimus</i>	12	—	10	—	5	—	15
Megaloptera							
<i>Sialis morio</i> Klst.	20	23	10	35	25	10	7
Hirudinea							
<i>Herpobdella octoculata</i>	10	—	25	6	18	—	20
<i>Glossiphonia complanata</i>	2	4	—	—	15	11	—
<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	—	15	10	10	—	18	15
Odonata							
<i>Libellula quadrimaculata</i>	10	2	10	12	5	—	4
<i>Platycnemis pennipes</i>	20	35	—	16	15	11	8
<i>Calopteryx splendens</i>	12	—	9	7	—	14	12
<i>Aeschna viridis</i>	—	6	—	8	4	—	3
<i>Coenagrion puella</i>	15	16	12	—	10	11	9
Heteroptera							
<i>Notonecta glauca</i>	5	4	—	10	—	5	8
<i>Naucoris cimicoides</i>	—	4	2	3	—	4	—
<i>Corixa punctata</i>	5	—	4	—	3	4	—

Примітка. C1-C7 – певні створи річки.



**Завдання для самостійної роботи:**

1. Залежності індексу видового різноманіття від біомаси, чисельності, трофічної структури макрозообентосу.
2. Інтегральна оцінка стану водних екосистем і перспективи її використання.
3. Загальний підхід щодо оцінки комбінованої дії факторів.
4. Оцінка якості водних екосистем за багатомірними емпіричними даними.
5. Переваги комплексної оцінки якості водойм за гідрохімічними та гідробіологічними показниками.

**Контрольні питання:**

1. Система сапробності та математичне опрацювання кількісних показників бентосу.
2. Зони сапробності та їх характеристика.
3. Наведіть приклад організмів – індикаторів сапробності водних екосистем.
4. Від чого залежить коливання показника сапробності для певного виду чи форми гідробіонтів у різних географічних зонах?

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14****Питання до модульного контролю № 2.**

1. Загальна характеристика біоіндикації водних екосистем.
2. Зообентос та біоіндикація водних екосистем.
3. Біоіндикація водних екосистем за трофічною структурою бентосу.
4. Індикація водних екосистем за окремими таксономічними групами бентосу.
5. Кількісні показники та видове різноманіття зообентосу в біоіндикації.
6. Система сапробності та математичне опрацювання кількісних показників бентосу.
7. Біоіндикаційні дослідження водних екосистем за життєвою стратегією гідробіонтів.
8. Основні принципи щодо вибору організмів біоіндикаторів.

9. Комбінований індекс стану угруповань гідробіонтів.
10. Американська система RBPс щодо оцінки стану водних екосистем.
11. Екологічний статус водного об'єкту, принцип річного басейну та інтегральний підхід в біоіндикації.
12. Еталонні створи та їх характеристика.
13. Векторні та стохастичні міграції хімічних елементів у водних екосистемах.
14. Розщеплення молекул забруднюючих речовин у водоймах.
15. Участь основних крупних таксонів гідробіонтів у процесах самоочищення водних екосистем.
16. Надійність системи самоочищення води та її механізми.
17. Використання теоретичних положень щодо самоочищення водних екосистем у природоохоронній практиці.
18. Циклічні та нециклічні міграції хімічних елементів у водних екосистемах.
19. Поняття консорції та її характеристика.
20. Утворення і формування консорції двостулкових молюсків у прісноводних екосистемах.
21. Двостулкові молюски прісних водойм.
22. Хірономіди як представники амфібіонтних комах.
23. Одноденки як представники амфібіонтних комах.
24. Водні клопи як представники водних комах.
25. Олігохети та п'явки прісних водойм.
26. Бабки та веснянки як представники амфібіонтних комах.
27. Волохокрильці як представники амфібіонтних комах.
28. Водні твердокрили як представники водних комах.
29. Ракоподібні прісних водойм.
30. Червоногі молюски прісних водойм.

### **Тестові завдання.**

#### **Приклади.**

1. Найменша екологічна валентність у гідробіонтів як правило спостерігається:  
А) на ранніх стадіях розвитку.

- Б) у особин старших вікових груп.  
В) при інтенсивному забрудненні водойм.
2. Більшу стійкість до температурних коливань будуть мати гідробіонти:  
А) мешканці бенталі.  
Б) мешканці відкритої зони водойми.  
В) мешканці прибережної зони водойми.
3. Джерельні води часто позбавлені гідробіонтів внаслідок:  
А) відсутності поживних елементів.  
Б) високої концентрації вугільної кислоти.  
В) перенасичення киснем.
4. Евритермні гідробіонти:  
А) уникають впливу екстремальних температур.  
Б) виробляють спеціальні адаптації.  
В) впадають в стан анабіозу.
5. Галоксени – це :  
А) організми, які є мешканцями тільки ультрагалинних водойм.  
Б) евригалинні солелюбні організми.  
В) евригалинні прісноводні організми.
6. Що таке гомеостаз?  
А) стан динамічної рівноваги природної системи, що підтримується постійною саморегуляцією у всіх її ланках.  
Б) оптимальна чисельність популяції гідробіонтів.  
В) стабільність, бажання зберегти сталими параметри угруповання гідробіонтів.
7. Біологічні ресурси водойми – це:  
А) біомаса гідробіонтів водного об'єкту.  
Б) сукупність організмів, які є об'єктами промислу.  
В) величина вилову гідробіонтів.

8. Основна умова сукцесії водних екосистем – це:
- А) зменшення тривалості життєвих циклів гідробіонтів.
  - Б) спрощення трофічної структури.
  - В) модифікація середовища.
9. Біологічне продукування – це:
- А) процес новоутворення біомаси.
  - Б) новоутворена біомаса.
  - В) акумульована в гідробіонтах органічна речовина.
10. Первинна продукція – це:
- А) органічна речовина, створена гідробіонтами – автотрофами.
  - Б) трансформована органічна речовина.
  - В) результат біосинтезу органічної речовини із неорганічної.
11. Сукцесія – це:
- А) послідовні зміни біоценозів, що виникають на одній території чи акваторії під впливом природних факторів або дії людини.
  - Б) екологічний компонент і в ряді випадків поживне середовище.
  - В) спосіб існування організмів, що спільно мешкають.
12. Кисневий метод визначення величини первинної продукції водойм розроблений:
- А) Боруцьким.
  - Б) Бруєвичем.
  - В) Бером.
13. Кормова база водойм буде змінюватися на протязі року, тому що:
- А) змінюється віковий склад іхтіофауни.
  - Б) зменшується кількість кормових організмів.
  - В) діють абіотичні екологічні чинники.

14. Існування особин однієї популяції під захистом іншої – це прояв:  
А) алелопатії.  
Б) протокооперації.  
В) мутуалізму.
15. Алохтонний матеріал є важливим джерелом живлення для мешканців:  
А) морів.  
Б) літоралі континентальних водойм.  
В) гірських річок.
16. Основне джерело детриту у водоймах:  
А) фітобентос.  
Б) фітопланктон.  
В) зоопланктон.
17. Яка категорія гідробіонтів – гетеротрофів приймає участь в утворенні донних відкладів?  
А) редуценти.  
Б) консументи.  
В) сапрофаги.
18. Екотон – це:  
А) ділянка гідросфери з певним комплексом однорідних факторів.  
Б) об'єм води, в якому підтримується однорідний набір організмів.  
В) перехідна зона між угрупованнями, що межують.
19. У Світовому океані понад 75% первинної продукції створюється в шарі товщиною:  
А) 20-30 м.  
Б) 30-40 м.  
В) 40-50 м.

20. Сапробність – це:

А) насиченість природних вод та донних відкладів водою і водотоків органічними речовинами, здатними розкладатися.

Б) рівень біологічної продуктивності водою.

В) сукупність рослинних і тваринних організмів, що мешкають у водах, забруднених органічними речовинами.

21. Відповідно до термінології Беклемішева В.Н. між організмами в консорціях існують наступні типи зв'язків:

А) консортивні.

Б) топічні.

В) мутуалістичні.

Г) форичні.

Д) ценотичні.

22. В якості показників видового різноманіття (багатства) угруповання можна використовувати:

А) число виявлених видів, віднесених до логарифму дослідженої площі.

Б) число виявлених видів, віднесених до логарифму суми квадратів їх часток в угрупованні.

В) число виявлених видів, віднесених до логарифму середнього числа видів, що зустрічаються на одній пробній ділянці.

Г) число виявлених видів, віднесених до логарифму загального числа зібраних особин.

Д) повне число видів в угрупованні.

23. Комбіновані індекси для біоіндикації поверхневих вод були розроблені:

А) Вудівісом.

Б) Зінченко.

В) Бакановим.

Г) Жаккаром.

Д) Марковським.

## ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ (теми)

1. Гідросфера та її екологічна зональність.
2. Гідросфера як середовище існування гідробіонтів.
3. Екологічна зональність Світового океану та морів.
4. Абіотичні фактори водних екосистем
5. Біологічні компоненти водних екосистем.
6. Екологічна зональність континентальних водойм.
7. Екологічна зональність річкових систем.
8. Екосистема – як структурно-функціональна складова гідросфери.
9. Трофічна структура біоти водних екосистем.
10. Мікроорганізми – як біологічні компоненти водних екосистем України.
11. Водорості – як біологічні компоненти водних екосистем України.
12. Вищі водяні рослини – як біологічні компоненти водних екосистем України.
13. Водні безхребетні тварини – як біологічні компоненти водних екосистем України.
14. Екологічні особливості формування іхтіофауни водойм України.
15. Абіотичні фактор водних екосистем (гідрологічні, гідрофізичні).
16. Сольовий склад вод та адаптація до нього гідробіонтів.
17. Мікроелементи водних екосистем та їх роль.
18. Особливості використання гідробіонтами кисню з води.
19. Фотосинтез та роль гідробіонтів в цьому процесі.
20. Азотфіксація у водних екосистемах.
21. Засвоєння азоту в біосинтетичних процесах водоростей.
22. Алохтонний та автохтонний азот водних екосистем.
23. Роль амоніфікації, нітрифікації, денітрифікації у кругообігу азоту у водних екосистемах.
24. Фосфор та його метаболічна роль у водних екосистемах .

25. Популяції гідробіонтів.
26. Гідробіоценози як біологічні системи гідросфери.
27. Роль гідробіонтів в процесах формування біологічної продуктивності водних екосистем .
28. Стави рибогосподарського призначення – як складова водних екосистем України.
29. Картографування екологічного стану поверхневих вод.
30. Законодавче регулювання водоохоронної діяльності.
31. «Національна Програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра».
32. «Розвиток управління навколишнім середовищем в Україні».
33. Фактори, що впливають на сольовий склад вод, як середовища існування гідробіонтів.
34. Органічні речовини та їх кругообіг у водних екосистемах.
35. Типи і основні постачальники органічних речовин у водойми.
36. Фактори формування вищих водяних рослин на водосховищах.
37. Роль організмів мезобентосу у системі водосховищ.
38. Сучасні екологічні проблеми Дніпровських водосховищ.
39. Використання гідробіонтів для біотестування.
40. Біосферний заповідник «Дунайські плавні».
41. Правила експлуатації Дніпровських водосховищ.
42. Теплове забруднення водойм та його вплив на розвиток біоти.
43. Особливості гідрохімічного режиму водойм-охолоджувачів.
44. Принципи здійснення біоакумуляції у водоймах.
45. Етапи формування бактеріопланктону Дніпровських водосховищ.
46. Інтродукція ракоподібних у водосховища.
47. Вплив промислових підприємств та міських конгломератів на екологічний стан малих річок.
48. Зарегулювання екосистеми Дністра.



## ЛІТЕРАТУРА

### Основна:

1. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дьяченко та ін.; За ред. В.Д. Романенка. – НАН України. Ін-т гідробіології. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
2. Романенко В.Д. Основи гідроекології: Підручник. – К.: Обереги, 2001. – 728 с.
3. Константинов А.С. Общая гидробиология. – М.: Высшая школа, 1986. – 472 с.
4. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
5. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Ф.Д. Мордухай-Болтовской, А.С. Литвинов, Б.А. Скопинцев и др. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
6. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – Спб.: Наука, 2000. – 147 с.
7. Протасов А.А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсикология. – К.: Академперіодика, 2003. – 105 с.

### Додаткова:

1. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – Приложение 1. Индикаторы сапробности. – М.: СЭВ, 1977. – 124 с.
2. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін. – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с.
3. Емельянов И.Г. Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. – К.: Наук. думка, 1999. – 168 с.
4. Балущкина Е.В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. – Спб, 1997. – С. 266-292.

**ЗМІСТ**

ВСТУП.....	3
Змістовий модуль I ВОДНА ЕКОСИСТЕМА ТА ВЗАЄМОВІДНОШЕННЯ ГІДРОБІОНТІВ З ДОВКІЛЛЯМ. (ЗООПЛАНКТОН, БЕНТОС, ПЕРИФІТОН – ЯК СКЛАДОВІ ВОДНОЇ ЕКОСИСТЕМИ).....	5
Лабораторна робота № 1.....	5
Лабораторна робота № 2.....	11
Лабораторна робота № 3.....	16
Лабораторна робота № 4.....	21
Лабораторна робота № 5.....	26
Лабораторна робота № 6.....	32
Лабораторна робота № 7.....	39
Змістовий модуль II ГІДРОБІОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ СТАНУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ТА ЯКОСТІ ВОДИ.....	46
Лабораторна робота № 8.....	46
Лабораторна робота № 9.....	51
Лабораторна робота № 10.....	57
Лабораторна робота № 11.....	62
Лабораторна робота № 12.....	67
Лабораторна робота № 13.....	75
Лабораторна робота № 14.....	81
ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	87
ЛІТЕРАТУРА.....	89

Навчально-методичне видання  
(українською мовою)

Домбровський Костянтин Олегович

## МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ГІДРОСФЕРИ

Навчально-методичний посібник  
до лабораторних робіт  
для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»  
напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього  
середовища та збалансоване природокористування»

Рецензент *к.б.н., доц. Н.І. Лебедева*  
Відповідальний за випуск *д.б.н., проф. О.Ф. Рильський*  
Коректор *к.б.н., доц. К.О. Домбровський*