

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ГІДРОБІОЛОГІЯ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для студентів спеціальності 101 «Екологія»
усіх форм навчання

Київ 2021

УДК 574.5

Г46

Укладачі: А.Р. Перебинос, канд. техн. наук, асистент;
Т.М. Ткаченко, д-р техн. наук, професор

Рецензент О.Г. Жукова, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск О.С. Волошкіна, д-р техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри охорони праці
і навколишнього середовища, протокол № 12 від 18 травня
2021 року.*

В авторській редакції.

Гідробіологія : методичні вказівки до виконання практичних
Г46 робіт / уклад.: А.Р. Перебинос, Т.М. Ткаченко. – Київ: КНУБА, 2021. –
56 с.

Містять зміст, порядок оформлення і вказівки до виконання
практичних робіт.

Призначено для студентів спеціальності 101 «Екологія» усіх
форм навчання.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
Практична робота № 1. Методики відбору гідробіологічних проб води. Прилади, обладнання, техніка безпеки при відборі проб.....	5
Практична робота № 2. Загальні методи визначення абіотичних параметрів.....	14
Практична робота № 3. Пристосування гідробіонтів до життя у пелагіалі і нейсталі.....	18
Практична робота № 4. Принципи та методи цифрової обробки емпіричного матеріалу. Видове різноманіття та його оцінка.....	23
Практична робота № 5. Розрахунок вторинної продукції за допомогою фізіологічного методу.....	30
Практична робота № 6. Визначення потенційної рибопродуктивності за рахунок компонентів кормової бази.....	36
Практична робота № 7. Визначення часу генерації, продукції бактеріальної біомаси та продукції вищих водяних рослин.....	40
Практична робота № 8. Оцінка придатності води річки для рибогосподарських потреб за комплексним іхтіоекологічним індексом.	42
Практична робота № 9. Розрахунок індекса сапробності Пантле і Букка.....	45
Практична робота № 10. Розрахунок індекса Вудівісса за зообентосом.....	53
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	55

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Навчальна дисципліна «Гідробіологія» входить до циклу природничо-наукової підготовки інженерів-екологів технічних ВНЗ та пов'язана з іншими дисциплінами, такими як «Біологія», «Основи екології», «Моніторинг довкілля» та ін. Важливість засвоєння програми цієї дисципліни майбутніми фахівцями пов'язана з можливістю ефективно прогнозувати зміни продуктивності водойм від інтенсивного впливу господарської діяльності.

Головною метою навчальної дисципліни «Гідробіологія» є вивчення екології організмів окремих видів, їх популяцій, гідробіоценозів та екосистем, а також взаємовідносин гідробіонтів-індивідумів, груп та угруповань як між собою, так і з неживою природою для розуміння суті екологічних процесів, що відбуваються в гідросфері.

У сучасній гідробіології пріоритетними завданнями є:

- дослідження популяцій гідробіонтів та гідробіоценозів як цілісних систем;
- розробка наукових основ підвищення біологічної продуктивності водойм;
- вирішення задач забезпечення людей чистою водою;
- розробка біологічних основ боротьби з хижакami та шкідливими гідробіонтами, що завдають шкоди рибному, сільському господарствам, промисловості тощо.

У результаті вивчення курсу «Гідробіології» студенти повинні:

- **знати:** життєві форми пелагіалі та бенталі, структурно-функціональні характеристики водних екосистем та шляхи і методи впливу на екосистеми з метою збільшення кількості біологічної сировини у водоймах; методи контролю за природною кормовою базою.
- **уміти:** застосовувати методи збору у водоймах макрофітів, планктонних та донних організмів; проводити камеральну обробку зібраних матеріалів, включаючи визначення видового та чисельного складу гідробіонтів; давати функціональні характеристики, оцінювати стан екосистем.

Практикум складається з десяти робіт, кожна з яких містить відповідний теоретичний матеріал, експериментальну частину та контрольні питання.

Матеріал до кожного заняття викладається в такій послідовності: коротко сформульовано мету заняття, наведено перелік необхідного обладнання та матеріалів, викладено теоретичний матеріал по темі, визначено завдання і порядок його виконання, подані рекомендації з оформлення результатів досліджень. За кожною темою розроблено контрольні питання, які допоможуть студентам добре підготуватися до захисту практичних робіт.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема: методики відбору гідробіологічних проб води. Прилади, обладнання, техніка безпеки при відборі проб.

Мета роботи: ознайомитися з роботою гідробіологічної лабораторії.

Обладнання для проведення заняття: мікроскоп біологічний, термостат, сушильна шафа, стерилізатор повітряний, центрифуга, шафа витяжна лабораторна.

Матеріали для проведення заняття: чашки Петрі, колби різного розміру, пробірки різного розміру, мікробіологічна петля, мікробіологічна голка та ін.

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал по темі «Предмет і завдання гідробіології».
2. Ознайомитися з методикою відбору якісних та кількісних проб фітопланктону.
3. Ознайомитися з методикою відбору проб на зоопланктон.
4. Ознайомитися з методикою відбору кількісних проб зообентосу на середніх і малих річках, водоймах.
5. Ознайомитися з методикою відбору якісних проб зообентосу.

Теоретичні відомості

Загальні методи вивчення водойм

Основними методами дослідження водойм є описовий, порівняльний та експериментальний. *Описовий метод* – це збирання та описування фактичного матеріалу для з'ясування суті явищ, тобто вивчення видового складу живого населення водойм та кількісних показників розвитку окремих видів. Для збирання матеріалу використовують спеціальні прилади та обладнання: планктонні сітки, батометри, дночерпаки, волокни, драги тощо. *Порівняльний метод* дозволяє шляхом зіставлення вивчати подібність чи відмінність організмів, популяцій, гідробіоценозів різних водойм. *Експериментальний метод* досліджень пов'язаний з активним впливом дослідника на окремі популяції, біоценози та екосистеми в природних чи лабораторних умовах у необхідному для нього напрямку. При цьому точно вимірюють потрібні умови і враховують зміни перебігу процесів. Метод дозволяє вивчати явища ізольовано й досягати повторення

їх при відтворенні ідентичних умов. Вищою формою експерименту є моделювання досліджуваних процесів у водних екосистемах.

Для вирішення низки завдань гідробіологія залучає багатий арсенал сучасних хімічних, фізіологічних, мікробіологічних, біохімічних, біофізичних, молекулярно-генетичних, токсикологічних методів. Окрім цього, у сучасних дослідженнях використовують дистанційні біофізичні прилади, підводне й надводне відеоспостереження, ехолокацію та методи візуального спостереження – акваланги, підводні човни, батискафи та космічні супутники. Вивчення населення водойм проводять шляхом відбирання зразків (проб) води й донних відкладів з наявними там організмами при експедиційних виїздах на водойму.

Сучасне вивчення біології морів проводять з використанням географічних інформаційних систем (ГІС). Це організований набір апаратних і програмних засобів, географічних даних, призначених для ефективного отримання, збереження, оновлення, опрацювання, аналізу й зображення усіх видів географічно прив'язаної інформації. Інформація в ГІС надходить з експедиційних досліджень, дистанційного зондування, архівних матеріалів і літературних джерел. Інформація про водні екосистеми для роботи у ГІС-системі складається з основних блоків:

- середовище (морфометричні характеристики водойми, рельєф дна, ґрунти, характер берегів, клімат, гідрологічний режим, фізико-хімічні умови тощо);
- біота (дані щодо планктону, бентосу, іхтіофауни, птахів і ссавців);
- антропогенний вплив (різні види забруднень – органічне, хімічне, теплове і радіаційне, а також рибництво, рибальство, розробка сировинних запасів тощо).

Мікроскопічні методи досліджень населення водойм

Мікроскоп – оптичний прилад для отримання збільшених зображень мікрооб'єктів (або деталей їхньої структури). За допомогою мікроскопів визначають різні характеристик мікрооб'єктів: форму, розміри, будову тощо. У навчальних лабораторіях використовують світлові мікроскопи, на яких мікропрепарати розглядаються з використанням природного або штучного світла. Збільшення мікроскопа є його основною

характеристикою і дорівнює добутку збільшень об'єктива й окуляра. З навчальною метою використовують об'єктиви х8, х20, х40, х90. Збільшення окулярів позначено на них цифрами: х7, х10, х15. Якість об'єктива визначає його роздільна здатність, тобто властивість зображувати найдрібніші деталі препарату. Роздільна здатність характеризується найменшою відстанню, при якій дві крапки розрізняють окремо – це близько 0,2 мкм. Наприклад, при використанні імерсійного об'єктива (х 90) і окуляра (х10), зображення об'єкта буде збільшене в 900 разів. При роботі з мікроскопом необхідно виконувати операції у такому порядку:

1. Працювати з мікроскопом слід сидячи.
2. Мікроскоп оглянути, витерти від пилу м'якою серветкою об'єктиви окуляр, дзеркало або електроосвітлювач.
3. Мікроскоп встановити перед собою, трохи ліворуч на 2-3 см від краю столу, під час роботи не зрушувати.
4. Відкрити повністю діафрагму, підняти конденсор в крайнє верхнє положення.
5. Роботу з мікроскопом завжди починати з малого збільшення.
6. Опустити об'єктив у робоче положення, тобто на відстань 1 см від предметного скла.
7. Встановити освітлення в полі зору мікроскопа, використовуючи електроосвітлювач або дзеркало. Дивлячись одним оком в окуляр і користуючись дзеркалом з увігнутою стороною, направити світло від вікна в об'єктив, а потім максимально і рівномірно висвітлити поле зору. Якщо мікроскоп забезпечений освітлювачем, то під'єднати мікроскоп до джерела живлення, включити лампу і встановити необхідну яскравість горіння.
8. Покласти мікропрепарат на предметний столик так, щоб досліджуваний об'єкт знаходився під об'єктивом. Дивлячись збоку, опускати об'єктив за допомогою макрогвинта доти, поки відстань між нижньою лінзою об'єктива і мікропрепарата не стане на рівні 4-5 мм.
9. Дивитися одним оком в окуляр і обертати гвинт грубого фокусування на себе, плавно піднімаючи об'єктив до положення, при якому добре буде видно зображення об'єкта. Не можна дивитися в окуляр і опускати об'єктив. Фронтальна лінза може розчавити накривне скельце і на ній з'являться подряпини.
10. Пересуваючи препарат рукою, знайти потрібне місце, розташувати його в центрі поля зору мікроскопа.

11. Якщо зображення не з'явилося, то треба повторити всі операції пунктів 6, 7, 8, 9 спочатку.

12. Для вивчення об'єкта при великому збільшенні, спочатку потрібно поставити обрану ділянку в центр поля зору мікроскопа при малому збільшенні. Потім поміняти об'єктив на 40 х, повертаючи револьвер, так щоб він зайняв робоче положення. За допомогою мікрогвинта домогтися гарного зображення об'єкта.

13. Після закінчення роботи з великим збільшенням, встановити мале збільшення, підняти об'єктив, зняти з робочого столика препарат, протерти чистою серветкою всі частини мікроскопа, накрити його поліетиленовим пакетом і поставити в шафу.

Планктонні організми

Відбирання проб планктону проводять за допомогою планктонних сіток – сітковий метод та за допомогою батометрів – методом вирізання стовпа або зачерпування води з водойми. *Відбирання проб методом вирізання стовпа води* (фітопланктон). Для визначення кількісного та якісного складу фітопланктону проби відбирають батометрами Рутнера, Молчанова, планктонобатометром Д'яченка-Кожевнікова або безпосередньо шляхом зачерпування води з водойми кухлем із глибини 30–50 см. Відібрану воду зливають у чисте відро, добре перемішують і відбирають середню пробу об'ємом 0,5 л. Проби консервують 40 %-м розчином формаліну (5–7 мл). Заповнюють етикетку, де вказують назву водойми, станцію, об'єм профільтрованої води, дату проведення відбору. У лабораторії проби ставлять у темне місце для відстоювання або седиментації на 10–14 діб.

Відбирання проб сітковим методом (зоопланктон). Воду фільтрують через спеціальну сітку, виготовлену з млинарського сита, яке затримує планктонні організми і пропускає воду. Сито має різне число вічок в 1 см² і позначається номерами від 7 до 77 (номер сита відповідає певній кількості вічок відповідно від 44,9 до 5929). Найбільш поширеними є якісні й кількісні сітки Апштейна. Якісними сітками проводять масовий збір планктону, кількісними – відповідно кількісний збір і облік планктону. На глибоководних озерах чи водосховищах відбір проб здійснюють вертикальним і горизонтальним «ловом» з відповідними розрахунками для стовпа води або площі акваторії. На ставках проби зоопланктону

відбирають з поверхневого горизонту – 30–50см мірним кухликом з ручкою на заздалегідь визначених станціях, ураховуючи всі біотопи. Залежно від розвитку зоопланктону, проціджують 50 або 100 л води. Планктон концентрується у склянці планктонної сітки у вигляді осаду. Відкриваючи затискач, осад переливають у склянку об'ємом 100–200 мл. Після цього сітку обережно обливають з зовнішньої сторони водою – «купають». Змиті зі стінок організми переносять у ту ж саму склянку. Після цього пробу консервують 40 %-м розчином формаліну (1 частина формаліну на 9 частин проби) до стійкого запаху. Заповнюють етикетку, де вказують назву водойми, станцію, об'єм профільтрованої води, дату проведення відбору. Аналогічно заповнюють етикетку та зберігають проби в темному місці при температурі не нижче 10°C.

Бентос

Донні організми залежно від способу життя, поділяють на п'ять екологічних груп:

1. *Прикріплені організми – епіфауна*. Прикріплений спосіб життя поширений у гідробіонтів: більшість вищої водної рослинності, водорості, найпростіші, губки, моховатки, корали, голкошкірі, деякі двостулкові молюски і личинки комах, значна частина червів, вусоногі раки, морські лілії асцидії. Одні організми прикріплені постійно, інші тимчасово. У прикріплених організмів виробився ряд пристосувань:

- майже усі втратили кінцівки, а якщо вони є, то виконують хватальну функцію (вусоногі раки);
- у більшості редуковані органи зору, рівноваги та нервова система;
- удосконалені і надзвичайно добре розвинені органи чуття;
- для успішного лову їжі багато тварин мають витягнену форму тіла, деякі поміщаються на стебельці (інфузорії, губки, деякі голкошкірі), а на верхньому кінці тіла утворюється ловча лійка оточена віночком щупалець.

2. *Свердлуни* – в основному мешканці моря, умовно поділяються на організми, що свердлять дерево і камінь – скелі з вапняку, сланців, мармур, бетон, цеглу, черепашки молюсків – зелені і синьо-зелені водорості, гриби, губки, черви, ракоподібні, молюски.

3. *Організми, що закопуються у ґрунт – інфауна*. Здатність багатьох донних тварин закопуватися в ґрунт є захисним пристосуванням – черви, личинки комах, деякі молюски і ракоподібні. У будові організмів є ряд

змін – у морських їжаків голки перетворились на органи заковування; черепашки молюсків, що живуть у ґрунті, стає тонкою і гладенькою, дуже добре розвинена нога, а сифони, що служать для сполучення з зовнішнім середовищем, стають довшими ніж сама тварина.

4. *Організми, що мешкають на поверхні ґрунту – онфауна.* Відрізняються плоским і широким тілом. Деякі мають вирости, розташовані в одній площині. Одні плавають в придонних шарах води і лише іноді використовують субстрат для опори – камбали, скати, бички, ряд крабів, креветок, деякі головоногі молюски; інші постійно мешкають на дні – багато двостулкових і черевоногих молюсків та деякі морські їжаки. Для захисту від ворогів: спорудження схованок у вигляді чохликів, трубок, черепашок; утворення на тілі голок, шипиків; маскуваннн під фон навколишнього середовища.

5. *Організми, що вільно пересуваються на дні.* Органи руху цих тварин різноманітні. Ракоподібні пересуваються за допомогою грудних кінцівок, голкошкірі користуються амбулокральними ніжками, молюски пересуваються за допомогою ноги.

Організмам бентосу властиве: важке тіло (черепашка, панцир), утворення колоній, витягнута форма тіла. Пристосування до проживання у бенталі і перифітонного способу життя зводяться до:

– утримання на твердому субстраті (рух води і гравітаційні сили діють на організми бентосу і перифітону) за рахунок підвищенням густини тіла – скелет голкошкірих, масивні черепашки черевоногих і двостулкових молюсків, карапакси крабів у результаті чого гідробіонти не переносяться порівняно великими течіями;

– прикріплення до субстрату, зануренням в нього – заглибленням, розвитком різних якорів;

– захист у від захоронення (витягнені форми);

– вироблення способів пересування.

Знаряддя для відбирання бентосу розділяють на якісні і кількісні. Знаряддя для якісного збору використовують для встановлення видового складу донної фауни. До них належать: сачки – металевий обід або прямокутник діаметром 20–30 см, до якого прикріплений мішок для збору фауни заростей – черевоногих молюсків, комах і їх личинок); скребки – мішок із мішківини або рідкого міцного сита, прикріплений до металевого ободу з жердиною завдовжки 2–3 м; трали – подібної конструкції – металевий обід або рама і мішок із сітки; драги – складаються з

мішковини, металевої масивної рами різної форми і розміру, які використовують для збору організмів на поверхні дна (каміння, інший субстрат) і для захоплення ґрунту тому що не застряє на каменях і зрізас прикріплені до них організми.

Кількісними знаряддями для відбирання бентосу є рамки (для збору малорухливих і крупних організмів) і дночерпачі (служать для виїмки ґрунту з організмами з певної площі). При використанні рамки її опускають на дно і підводний плавець руками вибирає з неї бентосні організми. Дночерпачі є різних конструкцій:

а) штанговий – прямокутної або циліндричної форми з утримувачем для штанги або жердини. Дночерпач опускають у воду і занурюють у ґрунт. Він замикається, захоплюючи моноліт ґрунту і піднімається на поверхню. Ґрунт висипають в таз або кювету. Площа захоплення дночерпача цього типу $0,01 \text{ м}^2$. Штангові дночерпачі застосовують лише на глибинах, які не перевищують довжину штанги;

б) тросові дночерпачі – різної форми: коробковий дночерпач (типу Екмана-Берджа) – для м'яких мулистих ґрунтів. Площа захоплення – $1/2$ і $1/40 \text{ м}^2$; дночерпач Боруцького з високим коробом – для дуже м'яких і глибоких мулів, великою масою (6 кг) для забезпечення глибокого занурення приладу в ґрунт;

в) ковшові дночерпачі різних моделей – мають два зігнутих глибоких ковша, які обертаються на осі, що їх скріплює. Для збільшення ваги приладу при роботі на великих глибинах до нього прикріплюють чавунні або свинцеві пластинки.

Площа захоплення приладу: $1/10$; $1/40$; $1/100 \text{ см}^2$. Найбільш сучасні моделі ковшового дночерпача – прилад «Океан-80». При роботі з різними дночерпачами кількість взятих на кожній станції проб буває різною і залежить від складу і кількості бентосу, кількості ґрунту, площі захоплення приладу. Тому рекомендується при роботі з дночерпачем площею захоплення $1/25 \text{ м}^2$ брати не менше двох виїмок, а при меншій площі (штангові дночерпачі – не менше 4–5 виїмок.) Дночерпачі дають добрі результати при роботі на відносно м'яких ґрунтах (пісок, замулений пісок, мул) і при зборі дрібних тварин, особливо інфауни. Піднятий на поверхню ґрунт промивають і тварин за допомогою пінцета вибирають і фіксують 10 %-м розчином формаліну або спиртом (70°).

Методи відбирання макрофітів (вищої водної рослинності)

Знаряддя для відбору проб фітобентосу розділяють на якісні і кількісні. Для *якісного* збору рослинності у водоймах завглибшки до 2 м використовують водяні грабельки три- та шести зубові. Для добування донної рослинності з глибини понад 2 м застосовують якір-кішку та двосторонні водяні граблі завдовжки 30–35 см прив'язані до довгої мотузки. Для *кількісного* збору фітобентосу використовують квадратні чи прямокутні, дерев'яні або металеві розбірні рамки різної конструкції, площею 0,25, 0,5 та 1 м² рами. Рейки рам фарбують білою фарбою, помічаючи чорні мітки через кожні 5 см. Всі види робіт з рамами можливі до глибини не більше 3 м. За всіх видів кількісного обліку (підрахунок чисельності, визначення маси) прийоми встановлення рами в різних типах рослинних угруповань різні. При роботі в заростях мілких придонних рослин, на невеликих глибинах (до 1 м) раму опускають на дно і накладають на рослини. Для роботи на малих глибинах у заростях різних екологічних груп використовують подвійну раму, за допомогою якої можна одночасно вести облік занурених, плаваючих та повітряно-водних рослин або накладають раму зверху і в плаваючому стані на поверхні води міцно укріплюють по діагоналі за допомогою спеціальних жердин. Вільно плаваючу рослинність з площі обмеженою рамою збирають сачком. Для обліку маси рослин, які високо піднімаються над водою (очерет, рогіз, комиш) використовують розбірну раму. Її частинами оточують рослини. Для укосів рослин використовують різні прилади: а) сачки – для збору вільно плаваючої рослинності; б) грабельки або ручний збір рослин, які ростуть на глибині до 1 м; в) косу з коротким лезом і прямим кінцем – для збору повітряно-водної рослинності.

Для відбору проб макрофітів використовують заростечерпач Ліпіних. Він являє собою металеву коробку, стінки і верх якої затягнуті крупновічковою металевою сіткою. На нижньому боці коробки прикріплені рухливі ковші, нижні краї яких зазубрені і загострені. Площа захоплення приладу 0,1 м², маса – 15 кг. Заростечерпачем Ліпіних користуються, в основному, для збору занурених рослин на будь-яких глибинах.

На водоймах проводять попередній огляд з човна або з берега для ознайомлення з характером та розподілом рослинності та її угруповань і вибору типових ділянок для подальшого дослідження. Оцінки заростання водойми проводять у відсотках. Про надмірне заростання говорять коли

рослинністю вкрито більше 50 % поверхні ставу; дуже велике – від 1/3 до 1/2 поверхні водойми – 36–50 %; велике – від 1/5 до 1/3 поверхні – 21–35; середнє – від 1/10 до 1/5 поверхні – 10–20 %; невелике – від 1/5 до 1/10 поверхні – 3–10 %; дуже мале – від 1/100 до 1/50 поверхні – 1–2 %.

Вивчення систематичного складу прибережної рослинності проводять за розташуванням рослин у водоймі (яруси) у послідовності: 1 – надводні рослини; 2 – рослини плаваючі з плаваючим листям; 3 – високі занурені рослини; 4 – придонні рослини. Для цього у найбільш характерних місцях водойми площею близько 100 м² закладають пробні ділянки. Межі пробних ділянок встановлюють на око, або більш точно за допомогою рулетки чи мірного шнура. У кутках ділянки встановлюють буйки.

Відбирання проб проводять на облікових ділянках. Для визначення фітомаси беруть три проби-укуси. Рослини збирають за допомогою наявних знарядь, вилучають із води, відрізають коріння, відмивають від бруду (у відрі), загортаються у вологі простирадла та плівку, перев'язують мотузкою, вкладають етикетку (вказується номер укусу, назва водойми, ділянка, дата відбору, глибина, донні відклади, спосіб відбору, площа укусу). Пакети транспортують до лабораторії для подальшої обробки, яку проводять цього ж або наступного дня, оскільки в подальшому рослини зневоднюються і загнивають.

Методи відбирання проб фітофільної фауни

Фітофільна фауна – це організми, які мешкають на вищій водній рослинності (личинки комах у т.ч. і деякі личинки хірономід) і є їжею для бентосоїдних риб. Знаряддями для відбору проб фітофільної розділяють на якісні і кількісні. Для якісного відбирання фітофільної фауни використовують ті ж самі знаряддя, що і для збору макрофітів – у водоймах з глибиною до 2 м – водяні грабельки три та шести зубові, з глибини понад 2 м – якір-кішку та двосторонні водяні грабельки прив'язані до довгої мотузки. Для кількісного відбирання проб фітофільної фауни служить гідробиологічний шкребок або сачок з капронового сита площею 500–750 см² (0,05–0,075 м²), висотою 1 м. Фітофільну фауну збирають і за допомогою рамок при відборі проб макрофітів.

Відбір проб фітофільної фауни проводять паралельно при зборі проб макрофітів або окремо на найбільш характерних облікових ділянках водойми. У водоймах з рівномірним заростанням відбирають дві проби, а

якщо рослинність розташована локально, то беруть по одній пробі в кожній ділянці, визначаючи ступінь заростання. Ділянку рослин накривають гідробіологічним шкребок або сачком поближче до кореневої системи і зрізають її біля самого дна. Після цього шкребок перевертають отвором вверх і виймають з води. Рослини вибирають, кладуть у великий емальований тазик і ретельно оглядають: організми збирають в склянку або пробірку і консервують. На пробу зібраної фауни прикріплюють етикетку і доставляють до лабораторії. В етикетці вказується назва водойми, ділянка, види водної рослинності, глибина і площа, спосіб відбору, дата відбору. Після збору і фіксації гідробіонтів рослинність загортають у плівку і також прикріплюють етикетку. У лабораторії визначають видовий склад та масу рослин і занотовують в спеціальний журнал.

Контрольні запитання

1. Назвіть прилади для відбирання кількісних проб фітопланктону.
2. Методи відбирання проб фітопланктону.
3. Назвіть прилади для відбирання кількісних проб зоопланктону.
4. Сітковий метод відбирання проб зоопланктону.
5. Наведіть розмірні групи бентосних організмів.
6. Дайте характеристику організмам інфауни, онфауни.
7. Назвіть знаряддя для якісного відбирання проб донної фауни.
8. Назвіть знаряддя для кількісного відбирання проб донної фауни
9. На яких ґрунтах використовують дночерпачі?
10. Яку фауну краще відбирати за допомогою дночерпачів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Тема: загальні методи визначення абіотичних параметрів.

Мета роботи: ознайомитися з загальними методами визначення абіотичних параметрів.

Обладнання для проведення заняття: диск Секі на розлінованій мотузці, термометр Шпіндлера, батометр Майєра, іономер польовий.

Матеріали для проведення заняття: індикаторний папір, склянки для визначення кисню, розчин солей марганцю, лужний розчин йодистого калію, розчин соляної кислоти, бюретка, стакани, конічні колби, розчин тіосульфату з фіксаналу, дистильована вода.

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал по темі.
2. Виміряти прозорість води, температуру води, рН та Eh, солоність води.
3. Відібрати проби на кисень в приурізівій зоні та на відстані кількох метрів, зафіксувати кисень.
4. Визначити вміст кисню в лабораторії.

Теоретичні відомості

Більшість параметрів, які в першу чергу цікавлять гідробіологів, вимірюється в польових умовах. Більш складні аналізи абіотичних параметрів, такі як концентрація солей азоту, фосфору, важких металів, вуглекислоти та інші виконуються в хімічній лабораторії і розглядаються у відповідних спецкурсах.

Визначення прозорості й освітленості водойми. Прозорість водойми визначається за допомогою диска Секі або білого кола з порцеляни, пластмаси (Ø 15 – 20 см). На мотузці опускають диск у воду й відзначають момент зникнення диска. По довжині мотузки визначають глибину проникнення сонячного світла. Значення освітленості визначають за допомогою люксметра.

Визначення температури. Температуру визначають за допомогою ртутного або спиртового скляного термометра або електронного сенсорного термометра. Калібрування приладу проводять по температурі води з льодом (0 °С) і киплячої води (100 °С, 1 атм). Визначення температури в поверхневих шарах водойми проводять безпосередньо на місці, у пробах з товщі води – відразу після відбору. Для цього часто використовують ртутний термометр в спеціальному футлярі з ємністю, що оточує колбу з ртуттю (термометр Шпіндлера).

Визначення рН. При визначенні використовують польовий прецизійний рН-метр або індикаторний папір. У деяких випадках визначення рН проводять за допомогою колориметричного методу з використанням готових кислотно-основних індикаторів, що міняють колір при певних значеннях рН. Для калібрування рН-метру й індикаторів використовують готові буферні розчини зі значеннями рН 4, 7, 9. Після визначення обов'язково промивають електроди дистильованою водою. Визначення мінералізації. Використовують польовий прецизійний кондуктометр. Калібрування проводять із використанням розчину NaCl

різної концентрації. При високій мінералізації воду розбавляють дистильованою водою й визначають значення мінералізації. Потім за графіком залежності показань приладу й концентрації NaCl записують значення мінералізації з урахуванням розведення. Після визначення обов'язково промивають електроди дистильованою водою.

Визначення окисно-відновного потенціалу (ОВП). ОВП (або Eh) визначають за допомогою польового прецизійного визначника редокспотенціалу. Визначення ОВП проводиться в пробах води і ґрунту одразу після відбору або *in situ*. До показання приладу додається +200 мВ (потенціал електрода в порівнянні до водневого) і результат записується як значення ОВП (Eh) у мВ. Після визначення обов'язково промивають електроди дистильованою водою. Для калібрування електродів готують розчин Зобелла: 0,003М $K_3[Fe(CN)]_6$ і 0,003М $K_4[Fe(CN)]_6$ в 0,1М KCl. Цей стандартний розчин при 25°C показує значення ОВП (Eh) = 430 мВ.

Визначення розчиненого у воді кисню за методом Вінклера. Сутність методу полягає в тому, що гідрат закису марганцю в лужному розчині окислюється за рахунок розчиненого кисню з утворенням гідрату окиси марганцю. Для цього використовують наступні реактиви:

– розчин хлористого або сірчаноокислого марганцю: 42,5 г $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ або 48 г $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ розчиняють в 100 мл дистильованої води;

– лужний розчин йодистого калію: 75 г KOH або 50 г NaOH і 15 г KJ розчинити в 100 мл дистильованої води. Луги не повинні містити домішки нітратів, що виділяють йод з йодистого калію при підкисленні;

– розчин тіосульфату натрію 0,02 N. Готують розведенням 0,2 N розчину $Na_2S_2O_3$;

– кислота соляна концентрована або кислота сірчана (1:1);

– розчин крохмалю 0,5 %: 0,5 г розчинного крохмалю розмішати вневеликій кількості холодної води, влити приготовлений розчин в 100 мл киплячої води, кип'ятити протягом 1-2 хв, остудити.

Хід аналізу:

1. Воду з водойми наповнюють кисневі склянки, при цьому зливальну трубку або сифон опускають до дна склянки. Воду переливають через горловину склянки, щоб через воду не проскакували пухирці повітря. Склянки для аналізу беруть одного об'єму – 65 або 150 мл.

2. Після заповнення склянки водою в неї відразу ж вносять 0,5 мл

розчину сірчаноокислого марганцю і 0,5 мл розчину йодистого калію з розрахунку на 100 мл води. Склянку закривають притертим корком так щоб не залишилося пухирців повітря, і вміст склянки ретельно збовтують.

3. Дають осаду осісти протягом приблизно 30 хв. Потім додають 0,5 мл кислоти, закривають склянку пробкою й ретельно збовтують так, щоб осад повністю розчинився. Зі склянки відбирають 50 мл рідини, вносять в конічну колбу й титрують тіосульфатом до блідо-жовтого кольору, після чого вносять кілька крапель крохмалю й титрують до знебарвлення.

4. Розрахунки кількості розчиненого у воді кисню визначають з формули: $C_{\text{кисню}} = N \cdot M \cdot 8 \cdot 1000 / V$, де $C_{\text{кисню}}$ – кількість розчиненого кисню, мг/л; M – кількість тіосульфату, що пішов на титрування 50 мл проби, мл; 8 – еквівалент кисню; N – нормальність тіосульфату (близько 0,02); 1000 – коефіцієнт для перерахування результатів на 1 л; V – кількість розчину, узятого для титрування, мл.

Перші два етапи зазвичай виконують на місці відбору проб, а титрування проводять в умовах лабораторії. Існують сучасні прилади, які одразу показують значення розчиненого кисню.

Визначення біологічного споживання кисню (БПК)₅. Пробу води набирають у три кисневі склянки із притертою пробкою. В одній одразу визначають вміст розчиненого кисню за методом Вінклера. Дві склянки інкубують у місці добору або в термостаті в лабораторії. Через 5 діб в них визначають концентрацію розчиненого кисню за методом Вінклера. Різниця між початковою й кінцевою концентрацією кисню дає величину біохімічного споживання кисню.

Хід роботи:

1. З траверсу занурити диск Секі у воду до зникнення його з польо зору.

2. Виміряти глибину зникнення диску. Записати дані в польовий блокнот.

3. Занурити термометр Шпіндлера у воду в приурізовій зоні. Витримати 5 хвилин. Зняти показання температури і занести в блокнот.

4. Повторити те саме на відстані кількох метрів від урізу, зануривши термометр до дна. Відібрати проби води склянкою в приурізовій зоні та батометром на відстані кількох метрів.

5. Налагодити іономер: промити електроди дистильованою водою, потім водою з проби. Спеціальним термометром виміряти температуру

води в пробі. Внести температурну поправку відповідною ручкою приладу. На портативному штативі занурити по черзі спеціальні електроди у стакан з пробою, знімаючи показання рН, Eh, мінералізації. Після кожного вимірювання ополіскувати електроди дистиллятом. Занести показання в блокнот.

6. Відібрати проби води у кисневій склянці в приурізівій зоні, заповнивши доверху.

7. Піпеткою відібрати необхідну кількість розчинів солі марганцю та йодистого калію.

8. Зануривши піпетку до дна, впустити по чергово розчини в склянку.

9. Одразу щільно закрити склянку корком так, щоб не залишалося пухирців повітря і ретельно збовтати склянку.

10. Повторити процедуру, відібравши пробу в кількох метрах від урізу батометром Майєра.

11. У лабораторії відтитрувати пробу згідно з вищеприведеною методикою та обчислити вміст кисню в пробах.

12. Перенести дані польових досліджень у таблицю і порівняти результати, отримані в приурізівій зоні та на віддаленні від берега.

13. Зробити висновки.

Контрольні запитання

1. Для чого вимірюється прозорість води?
2. Для чого термометр оснащують спеціальним футляром?
3. Що характеризують параметри рН та Eh?
4. Як змінюється вміст кисню з глибиною?
5. Що таке біологічне споживання кисню?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Тема: пристосування гідробіонтів до життя у пелагіалі і нейсталі.

Мета роботи: ознайомитися з пристосуваннями гідробіонтів до життя в пелагіалі та нейсталі.

Матеріали для проведення заняття: проби зоопланктону та фітопланктону, постійні макропрепарати представників макропланктону (медузи, гребневики, саргассум), таблиці із зображенням представників

макропланктону, плейстону та нейстону, покривні та предметні скельця, препарувальні голки, піпетки, мікроскоп.

Зміст роботи:

1. Вивчити теоретичні відомості про біотопи Світового океану.
2. Приготувати тимчасовий мікропрепарат проби фітопланктону та зоопланктону.
3. Під мікроскопом знайти представників фітопланктону та зоопланктону.

Теоретичні відомості

Пелагіаль та нейсталь є одними з найбільших біотопів Світового океану. **Планктонні** організми не здатні чинити опір зовнішнім механічним рухам водних мас (течії, конвекційні токи) внаслідок відсутності або досить слабкого розвитку в них органів руху. Для існування у воді у зваженому стані в планктерів в процесі еволюції утворився цілий ряд пристосувань, які допомагають їм зберігати плавучість. Вона може розглядатися як занурення з найменшою швидкістю, і тоді формула плавучості набуває такого вигляду:

$$a = b/(c \cdot d),$$

де a – швидкість занурення, b – залишкова вага (різниця між вагою організму й вагою витиснутої їм води), c – в'язкість води, d – опір форми. Із цієї формули виходить, що організми можуть збільшувати плавучість, зменшуючи залишкову вагу підвищуючи тертя об воду. Пристосування для зменшення залишкової ваги можна поділити на декілька груп.

1. Редукція скелетних утворень. Усі планктонні організми позбавлені важкого скелету і тому значною мірою відрізняються від близьких видів, що ведуть донний спосіб життя. Наприклад, планктонні діатомові водорості мають більш легкий кремнеземний панцир ніж бентосні, пелагічні гіллястовусі ракоподібні мають значно більш легку хітинову раковину у порівнянні з бентичними. Те саме спостерігається і в інших представників ракоподібних, включаючи вищих десятиногих раків. У молюсків спостерігається витончення черепашок, або повна їх редукція, як у представників головоногих, крилоногих та кіленоногих.

2. Просочення тіла водою. Більшість представників планктону відрізняються дуже високим вмістом води у тканинах тіла. Кількість її часто перевищує 90 %, що має велике значення для зменшення остаточної

ваги, тому що питома вага клітинної плазми, у середньому, дорівнює 1,05, тоді як густина навіть морської води становить 1,02-1,04. Просочення водою призводить до утворення желеподібних речовин, особливо сильно розвинених у медуз, сифонофор, деяких пелагічних молюсків та інших тварин. У прісноводних форм здебільшого спостерігається утворення прозорого слизу, що вкриває тіло, наприклад в деяких синьо-зелених, зелених водоростей, коловороток. Найпростіші утворюють вакуолі, вміст яких у порівнянні із морською водою має меншу густину.

3. Жирові включення. Ліпідні включення у тканинах (жири, масла), головним чином є резервними енергетичними запасами, але водночас сприяють значному зменшенню остаточної ваги. Більшість фототрофних найпростіших замість важкого крохмалю відкладають більш легке масло (дінофітові та діатомові водорості). В деяких веслоногих раків існують спеціальні жирові органи, в інших тваринах (гіллястовусі раки, коловертки) жир спостерігається у вигляді великих крапель всередині тіла.

4. Газові включення. В протилежність жировим включенням, газові включення мають здатність змінювати свій об'єм в залежності від температури і тиску. Цю здатність гідробіонти використовують не тільки для збереження плавучості, але й для зміни розташування у водній товщі. Такі включення можуть бути ззовні у вигляді пухирців повітря чи кисню, які утримуються за допомогою щетинок чи кінцівок, як у багатьох личинок комах, зокрема комарів, бабок, у водних жуків і клопів. Внутрішні газовмісні утворення притаманні синьо-зеленим водоростям, сифонофорам (великі утворення – пневматофори), макрофітам (макроцистис, саргассум) та іншим гідробіонтам.

Опір, якого зазнає тіло, що поринає у воду, залежить від питомо поверхні та величини вертикальної проекції. Такий опір має загальну назву опором форми. Питома поверхня найменша у кулі і зменшується і зростанням її діаметру. Якщо збільшити одну чи дві осі тіла, питома поверхня зростає. Цьому також сприяє збільшення кількості виростів тіла. Вертикальна проекція залежить від розташування площини тіла по відношенню до вертикалі. Якщо тіло набуває форму платівки, величина її вертикальної проекції максимальна при розташуванні платівки у площині що перпендикулярна дії сили тяжіння. Пристосування для підвищення опором форми (тертя об воду) також розподіляються на декілька груп.

1. Видовження однієї осі. Багато рослинних і тваринних форм мають видовжену форму тіла. Більшість планктонних діатомових мають

паличкоподібну форму, а деякі низькоциліндричні форми об'єднуються у видовжені колонії. Серед тварин видовжені колонії утворюють сальпи. Видовжена форма притаманна багатьом ракоподібним, всім хетогнатам, хробакам. Якщо під впливом зовнішніх рухів організм, який у нормі тримається у воді горизонтально, змінює положення, то за допомогою додаткових виростів (наприклад, плавців у хетогнат чи рухів тіла у хробаків) тіло швидко набуває вихідного стану.

2. Видовження двох осей. При видовженні двох осей тіло набуває вигляд платівки чи диску. Спостерігається в багатьох тварин і одноклітинних організмів, які до того ж здатні утворювати платівкоподібні колонії. Сплюснена форма тіла властива медузам, веслоногим ракоподібним.

3. Утворення виростів. Практично у всіх планктонних організмів спостерігаються різноманітні шипи, щетинки, крилоподібні вирости та інші подібні утворення. Створюваний ними опір форми сприяє не тільки більш повільному осіданню на дно, але й служить для використання конвекційних потоків води, які піднімають організм у верхні горизонти. Особливо важливі в цьому сенсі утворення у фототрофних одноклітинних, які таким чином опановують найбільш сприятливі для фотосинтезу умови. У багатьох тварин різноманітні вирости служать у якості тактильних органів а також як своєрідне «кермо» для збереження та корегування напрямку руху.

Нейстон існує в дуже складних абіотичних умовах, випробовуючи на собі дію інтенсивної сонячної радіації, різкі перепади температури, солоності. Складність біотичних умов визначається тим, що нейстони існують під впливом «подвійного преса» хижаків, тому що піддаються нападу з боку аеробіонтів (птахи, кажани та ін.) і гідробіонтів. Захист від хижаків обмежений високою освітленістю води, відсутністю екранів і укриттів а також зниженими можливостями відходу від переслідування гідробіонтами (неможливість руху нагору). Умови існування організмів на верхній стороні плівки натягу води різко відрізняються від таких у приповерхньому шарі. Тому епінейстони-аеробіонти і гіпонеїстони-гідробіонти, власне кажучи, утворюють різні життєві форми.

Епінейстон. По верхній стороні плівки натягу в прісних водоймах бігають клопи-водомірки, жуки-вертячки, подури, мухи, на поверхні океанів численні клопи-водомірки *Halobates*. Плівка під ногами комах, щ бігають, прогинається, але не рветься, чому сприяє незмочуємість їїнього

тіла і дозволяє використовувати вертикальну складову сили поверхневого натягу води.

Гіпонейстон. До гіпонейстону відносять сукупність організмів, що населяють верхній шар води товщиною 5 см. Специфічні особливості абіотичних і біотичних умов існування гіпонейстону обумовлюють вироблення в його представників своєрідних адаптацій. До них, зокрема, відносяться змочуваність зовнішніх покривів, розвиток пігментації, що захищає організми від згубного впливу ультрафіолетових променів, позитивний фототропізм, криптичний окрас або прозорість, ряд пристосувань до харчування органічними частками, що падають на поверхню води з повітря. Деякі організми гіпонейстону, зокрема молюски, як опора використовують нижню поверхню плівки.

Плейстон. Для представників плейстона найбільш характерна подвійність адаптації, оскільки частина їхнього тіла перебуває у воді, а частина – у повітрі. У фітоплейстонів дихання відбувається як за рахунок поглинання кисню з атмосфери, так і розчиненого у воді. Устячка утворюються тільки на верхній стороні листової пластинки, а запобігання заливанню їх водою сприяє відповідна зігнутість листової пластинки й восковий наліт, що забезпечує її незмочуваність. Із плейстонних тварин атмосферне дихання мають сифонофори-дисконанти. Багато представників плейстона (сифонофори, деякі риби) для свого руху використовують вітер.

Хід роботи:

1. Приготувати тимчасовий мікропрепарат проби фітопланктону.
2. Під мікроскопом знайти представників зелених водоростей – сценедесмуса (*Scenedesmus quadricauda*), педіаструма (*Pediastrum spp.*), монорафідіума (*Monoraphidium arcuatum*). Замалювати ценобії та окремі клітини. Знайти характерні пристосування до пелагічного способу життя. Знайти представників дінофітових найпростіших – дінофізисів (*Dynophysis spp.*), церациумів (*Ceratium fusus*, *C. furca*, *C. tripos*), протоперидиніумів (*Protoperidinium spp.*), ноктилюку (*Noctiluca scintillans*), замалювати клітини, визначити пристосування до життя в пелагіалі. Звернути увагу на жирові включення в плазмі, гігантські вакуолі. Знайти представників діатомових водоростей – псевдосоленію (*Pseudosolenia calcar-avis*), діатому (*Diatoma vulgare*), скелетонему (*Skeletonema cf. costatum*), ніцшию (*Pseudonitzschia seriata*), косцинодіскус (*Coscinodiscus spp.*), таласіозиру (*Thalassiosira spp.*), хетоцерос (*Chaetoceros spp.*). Замалювати клітини. та

колонії. Визначити пристосування до пелагічного способу життя. Звернути увагу на форму колоній, жирові включення та вакуолі в плазмі. Знайти представників синьо-зелених водоростей – осциляторію, мікроцистис, анабену (*Oscillatoria spp.*, *Microcystis spp.*, *Anabaena spp.*). Замалювати трихоми та колонії. Звернути увагу на газові включення в плазмі у вигляді цяток чорного кольору та на будову колоній.

3. Приготувати тимчасовий мікропрепарат проби зоопланктону.

4. Під мікроскопом знайти представників веслоногих ракоподібних – акарцію (*Acartia spp.*), копеподитні стадії інших веслоногих, личинок поліхет (*Polydora ciliata*), личинок баянусів (*Balanus improvisus*), велігери молюсків, апендикулярії (*Oikopleura dioica*), коловертки (різні види), морських стрілок-хетогнат (*Sagitta setosa*) та інших представників морського планктону. Замалювати знайдених представників. Визначити та вказати пристосування для життя в пелагіалі. Звернути увагу на органи руху та вирости, що корегують положення тіла у товщі води.

5. Розглянути готові вологі макропрепарати медуз (*Aurelia aurita*), гребневиків (*Beroe ovata*), саргассуму (*Sargassum sp.*). Замалювати організми. Визначити пристосування до пелагічного способу життя.

6. Розглянути таблиці із зображенням представників нейстону та плейстону. Замалювати представників. Визначити пристосування для життя у нейстоні та плейстоні.

Контрольні запитання

1. Які типи пристосувань для життя в пелагіалі існують у гідробіонтів?
2. В яких умовах існують організми нейстону та плейстону?
3. Які адаптації сформувалися у організмів плейстону?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема: принципи та методи цифрової обробки емпіричного матеріалу; видове різноманіття та його оцінка.

Мета роботи: навчитися використовувати методи цифрової обробки для оцінки видового різноманіття.

Матеріали для проведення заняття: таблиці з даними обробки проб, калькулятор, олівці та лінійка (за необхідності).

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал по темі.
2. Провести обчислення за прикладом розрахунку згідно наданого варіанту.
3. Оформити результати обчислення в електронному вигляді для захисту практичного курсу.

Теоретичні відомості

Першим етапом цифрової обробки отриманого матеріалу є аналіз окремої проби у вигляді протоколу. Такі данні називають первинними. По-перше, визначають кількість видів, яка позначається літерою **S**. Чисельність та біомаса *i*-го виду у пробі (у екземплярах на м³ води чи м² субстрату та у грамах (міліграмах) на м³ чи м²) позначається, відповідно як **n_i** та **b_i**. Звідси загальна чисельність **N** організмів у пробі дорівнює:

$$N = \sum_{i=1}^S n_i,$$

а загальна біомаса **B** дорівнює:

$$B = \sum_{i=1}^S b_i.$$

Ці дані надалі застосовують при порівнянні між собою окремих проб.

Якщо порівняти між собою дані по чисельності та біомасі окремих видів у пробі $n_1, n_2, n_3 \dots n_S$ або $b_1, b_2, b_3 \dots b_S$, то можна помітити, що вони досить відрізняються. Ця відмінність проявляється у тому, що є види більш, або менш численні. Найбільш численні види називаються **домінантними**, далі йдуть види субдомінантні, звичайні та рідкісні. Домінантних та субдомінантних видів звичайно набагато менше ніж інших. якщо ранкувати види у пробі від найчисленнішого до найрідкіснішого та побудувати графік у координатах чисельність (або біомаса) виду по осі Y та ранг виду по осі X, ми отримаємо криву, яка має назву **кривої рангового розподілу (РР)**, або кривої **домінування – різноманіття**. В залежності від виміру координат (звичайна або логарифмічна шкала) такі графіки є предметом аналізу і дозволяють порівнювати їх з модельними, які відображають певні екологічні взаємини між видами в різних типах угруповань. Порівняння вигляду кривих в різних пробах, наприклад у циклі проб дозволяють виявити зміни видової структури під впливом факторів довкілля, навіть при незмінному видовому складі.

Іншою характеристикою, яку можна отримати, досліджуючи окрему пробу є **видове різноманіття (ВР)**. Видове різноманіття – одна з найважливіших характеристик угруповання, що відображає складність його видової структури. Характеристика структурної складності ВР пов'язане зі стійкістю біоценозу й може відбивати ступінь його порушення, забезпеченість енергією, ступінь стабільності середовища та ін. Зменшення ВР угруповання свідчить про спрощення його видової структури та про порушення співвідношень між видами за численністю. ВР містить у собі два компоненти **видове багатство** (насиченість угруповання видами) і **вирівненність** видової структури (ступінь рівномірності розподілу видів за численністю).

Кількісними мірами ВР є різні індекси ВР. Існує безліч різних індексів для виміру тих або інших аспектів ВР. Декілька з них найбільш добре зарекомендували себе на практиці і є прийнятими в якості нормативних показників у системах природоохоронних служб деяких держав. При обчисленні індексів **α -різноманіття** (точкові оцінки) використовується число видів у вибірці (пробі) S і величини їх численності (чисельності, біомаси або інші міри численності).

Видове багатство. Найпростішим показником видового багатства є загальне число знайдених видів S . Однак цей показник залежить від обсягу вибірки й загального числа врахованих організмів N , що робить його мало придатним у якості індексу ВР. Наприклад, ймовірність поповнити видовий склад новими видами зростає, якщо об'єм проби збільшиться. Тобто, проаналізувавши замість 1 л проби планктону 10 л, ми отримаємо більші показники N та S в тому самому місці відбору проби. Більш раціонально якимось чином нормувати число видів на кількість особин в пробі. Цю обставину враховують:

- **індекс Менхеника:** $M = \frac{S}{\sqrt{N}}$;
- **індекс Маргалефа:** $d = \frac{S-1}{\log_2 N}$.

Значення обох індексів збільшуються із зростанням числа видів у вибірці.

Видове різноманіття. Індокси цієї групи враховують обидва компоненти ВР – кількість видів та їх вирівненність.

Індекс Сімпсона це «ймовірність міжвидових зустрічей» (probability of interspecific encounter (PIE) %), тобто ймовірність того, що дві випадково взяті особини з проби належать до різних видів:

$$PIE = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}, 0 \leq PIE \leq 1.$$

Індекс Шеннона (інформаційний індекс):

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log \frac{n_i}{N}.$$

В якості міри численності в даному випадку можна використовувати не тільки чисельність (n_i та N), але й інші міри численності (наприклад, b_i та B). У якості логарифму може використовуватися логарифм з основою e (**ln**), тоді одиницею виміру індексу Шеннона буде «**natural bel**», або «**nat**» («**nit**») на особину (чи одиницю маси, наприклад, мг). Іноді використовують логарифм з основою **10** (**lg**), тоді одиниця виміру буде мати назву «**decimal digit**», або «**decit**» («**bel**») на особину (або одиницю маси). В теорії інформації, як правило, використовується логарифм з основою **2** (**log₂**), а індекс Шеннона вимірюють в одиницях інформації – **бітах** («**binary digit**», або «**bit**») на особину (одиницю маси тощо). Записується так: **біт·особина⁻¹**, або **біт·мг⁻¹**.

Індекс Сімпсона більш чутливий до зміни численності найбільш масових видів, індекс Шеннона – навпаки, до змін у численності більш рідкісних видів. Перший частіше застосовують, якщо у першу чергу цікавить характеристика угруповання по домінуючій групі видів. Другий рекомендується, якщо необхідно вивчати повний видовий склад, зокрема численність рідких видів і якщо дані усереднені в часі чи в іншій серії проб. Слід зауважити, що при обчисленні індексу Сімпсона треба оперувати цілими числами (абсолютними значеннями).

Вирівненність. Індокси цієї групи чутливі лише до рівномірності розподілу численності окремих видів, але не до їхньої загальної кількості S , тобто фактично характеризують у цифровому вигляді криві домінування. Ступінь вирівненності («*equitability*») обчислюється як частка різноманіття від максимально можливого BP при даних значеннях S і N (B , тощо): $E = BP/BP_{max}(S, N(B))$, де BP_{max} досягається при рівному достатку всіх видів. Ці індокси змінюються від 0 (абсолютна неvirівненність, коли всі особини належать одному виду) до 1 (усі види рівночисленні).

Найбільш часто використовують наступні індокси, які відповідають вищезазначеним індоксам BP :

$$PIE/PIE_{max} = N(S - 1)/S(N - 1)$$

та

$$H'/H'_{max} = H'/\log S.$$

Останній також має назву **індекс Пайлоу (J')**.

АВС-метод. Метод зіставлення чисельності й біомаси («Abundance–Biomass Comparison», АВС) запропонований Р. Варвіком для індикації порушень у структурі угруповань. Відомо, що біомаса В, як носій консервативної інформації повільніше реагує на зміни середовища, а чисельність популяцій N – більш динамічний показник реакції угруповання. У стабільних зрілих угрупованнях звичайно переважають великорозмірні види з порівняно тривалим циклом розвитку, тоді як в порушених угрупованнях, з нестабільним середовищем домінують, як правило, більш дрібні форми, які швидко розмножуються, з високою, але мінливою чисельністю. На цьому й заснований АВС-метод зіставлення кривих. По осі Х відкладаються (у логарифмічній чи простій шкалі) ранги (номери) видів у порядку зменшення чисельності (біомаси), а по осі Y – відповідний накопичений відсоток чисельності (біомаси) угруповання. У стабільних угрупованнях крива для чисельності лежить нижче кривої для біомаси, в сильно порушених навпаки вище. Стану хиткої рівноваги або відновлення угруповань після стресу, коли відбувається перебудова розмірної структури, відповідають приблизно співпадаючі або пересічні криві. На додаток до графічної інформації запропонований цифровий індекс:

$$ABC = \sum_{i=1}^S \frac{b_i - n_i}{S},$$

де b_i і n_i – накопичені % біомаси й чисельності видів за порядком їх зменшення.

Позитивні значення індексу відповідають непорушеним, негативні – порушеним угрупованням. Метод є досить чутливим індикатором природних порушень довкілля й антропогенних стресів. Може бути корисний при моніторингу відновлення угруповань після катастрофічних забруднень або стресового впливу. Метод слід з обережністю застосовувати в ситуаціях, коли в нормі переважають дрібні організми з високою, але мінливою чисельністю, а також у районах з постійним стресовим впливом середовища; слід брати до уваги сезонні ефекти, пов'язані з коливаннями чисельності молоді деяких видів; істотне значення відіграють граничні розміри організмів, що аналізуються (наприклад, спільний розгляд мікро- і макроорганізмів може привести до некоректних висновків).

Приклад розрахунку

Маємо пробу, яка складається з 5 видів ($S = 5$):

Вид	$n_i, \text{екз.} \cdot \text{м}^{-2}$	$b_i, \text{Г} \cdot \text{м}^{-2}$
1	100	25
2	10	40
3	5	10
4	20	3
5	30	18

$$N = 100+10+5+20+30 = \mathbf{165} \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-2}; \quad B = 25+40+10+3+18 = \mathbf{96} \text{ Г} \cdot \text{м}^{-2}$$

Індекси багатства:

$$M = 5/\sqrt{165} = 0,389; \quad d = (5-1)/\log_2 165 = 4/7,4 = 0,543.$$

Індекси ВР:

$$PIE = 1 - \left\{ \frac{100(100-1)}{165(165-1)} + \frac{10(10-1)}{165(165-1)} + \frac{5(5-1)}{165(165-1)} + \frac{20(20-1)}{165(165-1)} + \frac{30(30-1)}{165(165-1)} \right\} = 1 - \left\{ \frac{9900}{27060} + \frac{90}{27060} + \frac{20}{27060} + \frac{380}{27060} + \frac{870}{27060} \right\} = 1 - \left\{ \frac{9900+90+20+380+870}{27060} \right\} = 1 - 0,42 = \mathbf{0,58}$$

$$H'(N) = - \left\{ \frac{100}{165} \log_2 \frac{100}{165} + \frac{10}{165} \log_2 \frac{10}{165} + \frac{5}{165} \log_2 \frac{5}{165} + \frac{20}{165} \log_2 \frac{20}{165} + \frac{30}{165} \log_2 \frac{30}{165} \right\} =$$

$$= - \left\{ 0,61 \log_2 0,61 + 0,061 \log_2 0,061 + 0,031 \log_2 0,031 + 0,12 \log_2 0,12 + 0,18 \log_2 0,18 \right\} = - \left\{ (-0,44) + (-0,245) + (-0,153) + (-0,369) + (-0,447) \right\} = \mathbf{1,652}$$

АВС-індекс:

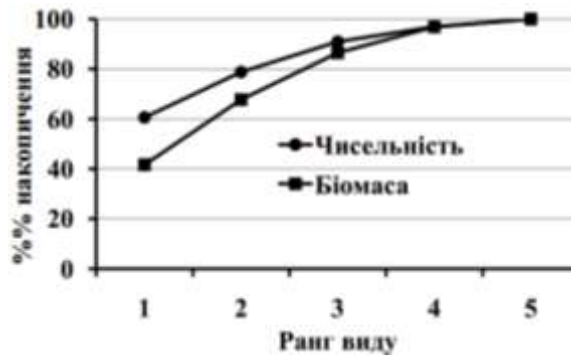
Етап 1. Ранжування (використовується також для графіків домінування).

№ виду	$n_i, \text{екз.} \cdot \text{м}^{-2}$	$b_i, \text{Г} \cdot \text{м}^{-2}$
1	100	40
2	30	25
3	20	18
4	10	10
5	5	3

Етап 2. Обчислення кумулят (%%)

№ п/п	$n_i,$	%	b_i	%
1	100/165	60,6	40/96	41,7
2	(100+30)/165	78,8	(40+25)/96	67,7
3	(100+30+20)/165	90,9	(40+25+18)/96	86,5
4	(100+30+20+10)/165	97	(40+25+18+10)/96	96,9
5	(100+30+20+10+5)/165	100	(40+25+18+10+3)/96	100

Етап 3. Побудова графіку.



У даному прикладі крива для чисельності лежить вище за криву для біомаси, що відповідає угрупованню, що знаходиться під впливом негативних умов навколишнього середовища. Про це свідчить також негативне значення розрахованого АВС-індексу.

Етап 4. Розрахунок АВС-індексу.

$$ABC = \{(41,7 - 60,6) + (67,7 - 78,8) + (86,5 - 90,9) + (96,9 - 97,0) + (100 - 100)\} / 5 = -6,9.$$

Хід роботи:

1. Підраховують кількість видів S , підсумовують значення n_i та b_i , отримуючи, відповідно, значення N та B .

2. Окремо ранкують значення n_i та b_i у порядку зменшення, та заносять в таблицю. Дані нумерують від 1 до S .

3. Будують графіки, де по осі X відкладають ранг виду (1, 2, 3... S) в порядку зменшення, а по осі Y відкладають значення чисельності (біомаси) від 0 до максимального (N , B), або відносні значення (%). Розташовують відповідні значення в отриманих координатах та об'єднують кривою.

4. Підставляючи у формули відповідні значення N , та S , розраховують індекси видового багатства.

5. Підставляючи у формули відповідні значення, розраховують індекси видового різноманіття та вирівненості. При цьому звертають увагу на те, що при розрахунку індексу Сімпсона усі дробні значення чисельності переводять у цілі числа, наприклад 0,1 тис. екз. \cdot м⁻² дорівнює 100 екз. \cdot м⁻². Для розрахунку індексу Шеннона використовують дані однієї проби з готового табличного матеріалу. У залежності від використання основи логарифму записати розмірність отриманих індексів. Порівняти між собою отримані індекси, визначивши проби з мінімальними та максимальними показниками.

6. Розрахувати % накопичення чисельності та біомаси для побудови відповідного графіку. Для цього використовують раніше створену таблицю

(див. п. 2.). Розрахунок ведуть наступним чином: спочатку визначають % найчисленнішого за чисельністю виду 1 шляхом поділу його чисельності на N та помноженню на 100 %. Потім визначають % перших двох видів, сумуючи їх та ділячи на N . Далі визначають % для перших трьох видів і т.д. Дані записують у таблицю. Так само поступають і з біомасою.

7. Відкладають графіки для % накопиченої чисельності та % накопиченої біомаси в координатах ранг виду від 1 до S (вісь X) – % накопичення від 0 до 100 % (вісь Y).

8. Розраховують АВС-індекс сумуючи попарну різницю даних таблиці з п. 6 та ділячи отриману суму на кількість видів S .

9. Роблять висновок щодо стану угруповання, порівнюючи криві та враховуючи значення та знак АВС-індексу.

10. Роблять загальний висновок про виконану роботу.

Контрольні запитання

1. Які компоненти містить поняття «видове різноманіття»?
2. Що таке моделі рангового розподілу?
3. Що таке «вирівненність»?
4. Охарактеризуйте АВС-метод.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Тема: розрахунок вторинної продукції за допомогою фізіологічного методу.

Мета роботи: оволодіти методикою постанови розрахунку вторинної продукції за вегетаційний сезон та знаходження R/V – коефіцієнтів водних тварин фізіологічним методом.

Матеріали для проведення заняття: таблиці коефіцієнта K_2 , споживання кисню Q_1 млО/год, г та кількості калорій на 1г тіла для водних тварин.

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал по темі.
2. Провести обчислення за прикладом розрахунку згідно з наданим варіантом.
3. Оформити результати обчислення в електронному вигляді для захисту практичного курсу.

Теоретичні відомості

Оцінка продукції водних тварин за допомогою фізіологічного методу можлива, коли відомі витрати тварин на обмін (R) та співвідношення цих витрат з продукцією. Це співвідношення визначається коефіцієнтом K_2 використання асимільованої їжі на ріст $K_2 = \frac{P}{(P+R)}$. З даного співвідношення отримуємо: $P = R \frac{K_2}{(P+R)}$. Значення K_2 для водних тварин коливається від 0,26 до 0,4 та має фіксоване табличне значення для кожної групи тварин. Так, для коловерток та гіллястовусих ракоподібних $K_2=0,4$, для веслоногих ракоподібних та велігерів $K_2=0,3$. Трофічний коефіцієнт $K_1=Q_1/Q$, де Q_1 – енергія утвореної у організмі речовини (енергія приросту), Q – енергія споживаної їжі. $K_2=Q_1/(Q - Q_2)$, де Q_2 – енергія незасвоєної частини їжі.

Таким чином, для розрахунку вторинної продукції потрібно розрахувати витрати тварин на обмін. Найбільш доступним показником витрат тварин на обмін є швидкість споживання тваринами кисню. Помножуючи кількість споживаного гідро біонтом кисню на оксикалорійний коефіцієнт, отримуємо кількість енергії, яка розсіюється у процесі дихання. Вінберг та Хеммінгсен показали, що для всіх тварин незалежно від їх будови, ваги та оточуючого середовища є залежність маси тіла від швидкості споживання кисню, яка виражається рівнянням:

$$Q = Q_1 \cdot W^r,$$

де Q – швидкість споживання кисню (мл/год) при температурі 20 °С;

Q_1 – споживання кисню твариною масою, рівній одиниці;

W – маса тіла, г;

r – константа.

Вивчення численими дослідниками швидкості обміну у різних гідробіонтів дозволило виявити параметри рівнянь, які відображають швидкість споживання кисню тварин від їх маси (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Параметри рівнянь залежності швидкості споживання кисню від ваги тіла для груп прісноводного зоопланктону при температурі 20 °С

Гідробіонт	Q_1 млО/год	r
Infusoria	0,107	0,75
Rotatoria	0,106	0,796
Bivalvia	0,066	0,721
Crustacea (Cladocera)	0,143	0,803
Crustacea (Copepoda)	0,2	0,777

За допомогою оксикалорійного коефіцієнта тварин, від величини споживаного кисню можливо перейти до кількості калорій, яке тварина розсіює. Цей коефіцієнт у середньому дорівнює 4,86. Знаючи, скільки калорій приходить на 1 г тіла гідробіонтів, розраховують масу органічної речовини, що розсіюється особиною гідробіонту певної маси за годину при температурі 20 °С. Так, на 1 г тіла коловерток та веслоногих ракоподібних приходить 550 калорій, а велігерів та гіллястовусих ракоподібних – 600 калорій. За допомогою рівняння $P = R \frac{K_2}{(1-K_2)}$ переходимо до величини продукції, яку утворює гідробіонт певної маси за годину при температурі 20 °С. Надалі помножимо знайдене значення на кількість особин і таким чином знаходимо кількість органічної речовини, яке продукує популяція водних тварин за годину при температурі 20 °С. Помножуючи останній показник на 24, переходимо від продукції тварини за годину до добової продукції. Так як кількість діб впродовж вегетаційного сезону на Україні у середньому дорівнює 210, помножимо значення добової продукції на 210 і знаходимо вторинну продукцію за вегетаційний сезон.

Для реальної оцінки вторинної продукції необхідно враховувати температуру, при якій мешкає популяція, тому більш коректно розраховувати спочатку місячну продукцію, помножуючи значення добової продукції на 30, а потім знаходити значення продукції кожного з 7 місяців окремо, виходячи з співвідношення

$$\frac{P_2}{P_1} = 2,25^{(20-T)/10},$$

де P_1 – продукція при середньомісячній температурі, P_2 – продукція при температурі 20°С, T – значення середньомісячної температури.

При розрахунку продукції зоопланктону в цілому застосовують рівняння:

$$\Pi = \Pi_m - P_x + \Pi_x,$$

де Π – продукція зоопланктону, Π_m – продукція мирного зоопланктону, P – раціон хижого зоопланктону, Π_x – продукція хижого зоопланктону.

Алгоритм розрахунку раціону хижого зоопланктону містить такі самі етапи, що й мирного, крім переходу від витрат на обмін до продукції за рівнянням $P = R \frac{K_2}{(1-K_2)}$.

Продукція хижих коловерток включає продукцію родів *Viralpus*, *Eosphora*, *Encentrum*, половину продукції родів *Asplanchna* та *Synchaeta*. Продукція хижих веслоногих ракоподібних включає продукцію родів

Acanthocyclops, Macroscyclops, Ectocyclops, Heterocope. Продукція хижих гіллястовусих ракоподібних включає продукцію родів Cercopagis, Evadne, Polyphemus, Corniger, Leptodora.

Таблиця 5.2

Нормативні величини для оцінки стану природної кормової бази

Показник	Рибницькі зони України		
	Полісся	Лісостеп	Степ
<i>1</i>	2	3	4
Продукційно-біомасовий коеф. Р/Б:			
- фітопланктону	90-100	100-120	120-140
- макрофітів	1,1	1,1	1,1
-зоопланктону	20	20	20
- «м'якого» зообентосу (хірономід)	6	6	6
- твердого зообентосу (молюсків)	1,1	1,1	1,1
Кормовий коефіцієнт К/к:			
<i>1</i>	2	3	4
- фітопланктону	50	50	50
- макрофітів	50	50	50
- зоопланктону	5	5	5
- «м'якого» зообентосу (хірономід)	5	5	5
- твердого зообентосу (молюсків)	50	50	50
- смітна риба	3	3	3
Допустиме споживання органічної р-ни, %	50	50	50
Середній сезонний приріст маси тіла риби, г	400	450	500

Приклад розрахунку продукції зоопланктону фізіологічним методом

При обробці проби зоопланктону поверхневого шару водної товщі Київського водосховища у вересні було встановлено, що при середній температурі води 17 °С, чисельність мирних коловерток складала 48168 екз/м³, біомаса – 68,9 мг/м³. Чисельність хижих коловерток складала 7414 екз/м³, біомаса – 46,7 мг/м³. Чисельність мирних веслоногих ракоподібних складала 20854 екз/м³, біомаса – 116,6 мг/м³. Чисельність хижих веслоногих ракоподібних складала 872 екз/м³, біомаса – 19,1 мг/м³. Чисельність мирних гіллястовусих ракоподібних складала 78704 екз/м³, біомаса – 230,9 мг/м³. Чисельність хижих гіллястовусих ракоподібних

складала 2215 екз/м³, біомаса – 26,2 мг/м³. Чисельність велігерів складала 3611 екз/м³, біомаса – 5,8 мг/м³.

1. Знаходимо продукцію мирних коловерток. Середня маса однієї коловертки дорівнює 0,00143 мг чи $1,43 \cdot 10^{-6}$ г. Коловертка цієї маси споживає: $Q = Q_1 \cdot W^r = 0,106 \cdot W^{0,796} = 2,36 \cdot 10^{-6}$ мл кисню за 1 годину при температурі 20°C, що відповідає розсіюванню коловерткою $R = 2,36 \cdot 10^{-6} \cdot 4,86 = 1,147 \cdot 10^{-5}$ калорій енергії або $1,147 \cdot 10^{-5} / 550 = 2,08 \cdot 10^{-8}$ г органічної речовини. Продукція коловертки за 1 годину при температурі 20°C дорівнює $P = 2 \cdot 10^{-8} \frac{0,4}{(1-0,4)} = 1,4 \cdot 10^{-8}$ г органічної речовини. Загальна продукція мирних коловерток дорівнює $1,4 \cdot 10^{-8} \cdot 48168 = 6,73 \cdot 10^{-4}$ г/м³. Помножуючи це значення на 24 та на 30, знаходимо продукцію мирних коловерток за вересень при температурі 20°C, це складає 0,485 г/м³. Враховуючи, що температура води впродовж місяця у середньому дорівнювала 17°C, отримуємо наступне співвідношення: $\frac{0,485}{P_1} = 2,25^{(20-17)/10} \cdot P_1 = \frac{0,485}{2,25^{0,3}} = 0,38$ г/м³.

2. Аналогічним чином знаходимо, що продукція хижих коловерток дорівнює 0,28 г/м³.

3. Раціон хижих коловерток розраховуємо через співвідношення $0,284 = R \frac{0,4}{(1-0,4)}$, $R = 0,42$ г/м³.

4. Загальна продукція коловерток дорівнює: $\Pi = 0,38 - 0,42 + 0,28 = 0,24$ г/м³. Таким чином, Р/В-коефіцієнт відношення продукції до біомаси коловерток за вересень складає $0,24 / 0,11 = 2,1$.

5. Згідно з описаним алгоритмом знаходимо продукцію мирних веслоногих ракоподібних, враховуючи табличні коефіцієнти Q_1 , r , K_2 та кількість калорій на 1 г тіла веслоногих ракоподібних: $\Pi_m = 0,74$ г/м³.

6. Продукція хижих веслоногих ракоподібних дорівнює 0,09 г/м³, а раціон 0,21 г/м³. Таким чином, загальна продукція веслоногих ракоподібних за вересень складає $\Pi = 0,74 - 0,21 + 0,09 = 0,62$ г/м³, а Р/В-коефіцієнт веслоногих ракоподібних = 4,6.

7. Розраховуємо продукцію мирних гіллястовусих ракоподібних за вересень: $\Pi_m = 1,24$ г/м³, продукція хижих видів дорівнює $\Pi_x = 0,11$ г/м³, а раціон $R_x = 0,16$ г/м³. Загальна продукція гіллястовусих ракоподібних складає $\Pi = 1,24 - 0,16 + 0,11 = 1,19$ г/м³, а Р/В-коефіцієнт гіллястовусих ракоподібних = 4,6.

8. Велігери дрейсен є цілком мирною групою прісноводного

зоопланктону. Таким чином, їх продукція відповідає продукції мирних форм і для велігерів дрейсен продукція за вересень $P = P_m = 0,03 \text{ г/м}^3$.

9. Загальна продукція зоопланктону складається з продукції його груп: $P = 0,24 + 0,62 + 1,19 + 0,03 = 2,08 \text{ г/м}^3$. Загальний Р/В – коефіцієнт зоопланктону Київського водосховища за вересень виявився 4,05. Для отримання значення продукції зоопланктону за вегетаційний сезон, потрібно аналогічним чином розрахувати продукцію за інші 7 місяців сезону. Так, при продукції зоопланктону за квітень $0,11 \text{ г/м}^3$, за травень $0,27 \text{ г/м}^3$, за червень $1,64 \text{ г/м}^3$, за липень $3,11 \text{ г/м}^3$, за серпень $2,55 \text{ г/м}^3$, за жовтень $0,18 \text{ г/м}^3$, загальна продукція зоопланктону за вегетаційний сезон дорівнює $9,94 \text{ г/м}^3$. При середній біомасі зоопланктону Київського водосховища за вегетаційний сезон $0,27 \text{ г/м}^3$, Р/В-коефіцієнт зоопланктону за сезон буде дорівнювати 36,8.

Хід роботи:

1. Розрахувати продукцію мирних коловерток, хижих коловерток, мирних веслоногих ракоподібних, хижих веслоногих ракоподібних, мирних гіллястовусих ракоподібних, хижих гіллястовусих ракоподібних та велігерів.

2. Розрахувати раціон мирних коловерток, хижих коловерток, мирних веслоногих ракоподібних, хижих веслоногих ракоподібних, мирних гіллястовусих ракоподібних, хижих гіллястовусих ракоподібних та велігерів.

3. Розрахувати загальну продукцію мирних коловерток, хижих коловерток, мирних веслоногих ракоподібних, хижих веслоногих ракоподібних, мирних гіллястовусих ракоподібних, хижих гіллястовусих ракоподібних та велігерів.

4. Розрахувати Р/В-коефіцієнт мирних коловерток, хижих коловерток, мирних веслоногих ракоподібних, хижих веслоногих ракоподібних, мирних гіллястовусих ракоподібних, хижих гіллястовусих ракоподібних та велігерів.

Контрольні запитання

1. Що позначає Р/В-коефіцієнт водних тварин?
2. Яке рівняння застосовують при розрахунку продукції зоопланктонному ценозу?
3. Якою залежністю пов'язані витрати на обмін R та продукція P водних тварин?

4. Яким чином враховують температуру, при котрій існує популяція водних тварин?

5. Впродовж якого терміну продовжується вегетаційний сезон на Україні?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Тема: визначення потенційної рибопродуктивності за рахунок компонентів кормової бази.

Мета роботи: оволодіти методикою розрахунку потенційної рибопродуктивності, яка може утворюватися у водосховищі за рахунок вторинної та первинної продукції.

Матеріали для проведення заняття: таблиці коефіцієнта K_2 , споживання кисню Q_1 млО/год, г та кількості калорій на 1 г тіла для водних тварин, Р/В коефіцієнтів.

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал по темі.
2. Провести обчислення за прикладом розрахунку згідно наданого варіанту.
3. Оформити результати обчислення в електронному вигляді для захисту практичного курсу.

Теоретичні відомості

При розрахунку потенційної рибопродуктивності, яка може утворюватися у водосховищі за рахунок зоопланктону треба дотримуватись наступного алгоритму розрахунків:

1. Розрахувати продукцію зоопланктону за вегетаційний сезон фізіологічним методом або з застосуванням Р/В-коефіцієнта.

2. Перерахувати розрахований показник продукції зоопланктону $г/м^3$ на $кг/га$, враховуючи глибину водойми. Наприклад, при середній глибині Київського водосховища 8 м, значення продукції потрібно розділити на 1000 (з г в кг), помножити на 10000 (з $м^3$ в га) та на 8. Так, значення продукції зоопланктону за вегетаційний сезон $9,94 г/м^3$ відповідає $795,2 кг/га$. При експрес-методі визначення рибопродуктивності Запорізького водосховища використовують відомі з літератури середнє значення біомаси зоопланктону за вегетаційний сезон ($6,3 г/м^3$) та сезонний Р/В-

коефіцієнт зоопланктону Київського водосховища (20). Цим методом отримуємо $6,3\text{г/м}^3/1000 \cdot 10000 \cdot 8 \cdot 20 = 10080$ кг/га. Так як значення біомаси дуже завищене, а значення Р/В-коефіцієнта у різні роки значно варіює в залежності від розмірно розмірно-вагового складу зоопланктону, точність даного методу значно поступається фізіологічному.

3. Враховуючи те, що риби споживають 80 % зоопланктона, отримуємо $795,2 \cdot 0,8 = 636,2$ кг/га зоопланктону споживається рибами. Так як з споживаного зоопланктону засвоюється 1/6 частина, розраховуємо $636,2/6=106$ кг/га – потенційний приріст іхтіомаси за рахунок зоопланктону.

4. При подальших розрахунках потрібно враховувати відсоток хижих риб, який у Київському водосховищі складає 9 %. Так як на утворення 1 частини хижих риб потрібно 5,1 частин мирних, 9 частинам приросту хижих риб відповідає споживання 45,9 частин мирних риб, а сума частин приросту мирних та споживання хижих риб складає $9+45,9 = 136,9$. Приймаючи останнє значення за 100 %, знаходимо, що відсоток приросту мирних риб від цього значення складає $9/136,9=6,6$ %, а споживання хижих – 33,5 %. Обчислюємо потенційний приріст мирних риб: $106 \cdot 0,665 = 70,5$ кг/га та споживання хижих: $106 \cdot 0,335 = 35,5$ кг/га. Звідси знаходимо приріст хижих риб: $35,5/5,1=7$ кг/га. Знаходимо збиток іхтіомаси за рахунок споживання хижих риб: $35,5-7 = 28,5$ кг/га.

5. На наступному етапі потрібно врахувати збитки риб від природної смертності, котрі на Київському водосховищі складають для мирних риб 19,5 %, а для хижих 24,5 %. Це відповідає збитку $70,5 \cdot 0,195=13,7$ кг/га мирних риб та $7 \cdot 0,245=1,7$ кг хижих риб і загальному збитку від природної смертності 15,4 кг/га.

6. Знаходимо суму збитку іхтіомаси від природної смертності та хижаків: $28,5+15,4=43,9$ кг/га. Враховуючи отримане значення, приріст іхтіомаси за рахунок зоопланктону впродовж вегетаційного періоду дорівнює $106-43,9=62,1$ кг/га. Цей показник використовується для розрахунку збитків, заподіяних стічними водами підприємств рибному господарству за рахунок зниження продукції риб-планктофагів. Для даної мети потрібно окремо розрахувати потенційну рибопродуктивність за рахунок зоопланктону на підставі чисельності та біомаси останнього у частині акваторії водойми, яка зазнає вплив стічних вод та порівняти отриманий показник з середнім значенням по водосховищу. Так, при прирості іхтіомаси у забрудненій ділянці 20,8 кг/га та площі даної ділянки

1 га, збитки рибному господарству за рахунок зоопланктофагів складуть 41,3 кг риби за сезон, що приблизно відповідає сумі 50 грн.

7. Можливий промисловий вилов приймається як 30 % від потенційної рибопродуктивності за рахунок зоопланктону, а саме 18,6 кг/га.

8. Отриманий показник використовується для обчислення зариблення водосховища рибами-планктофагами, найбільше промислове значення з котрих у водосховищі має строкатий товстолобик. Для даної задачі потрібно знати середній вилов та приріст об'єкта зариблення за останні роки. Для Київського водосховища перший показник складає 1,2 кг/га, а другий 0,5 кг за сезон. Приймаючи до уваги те, що за рахунок зоопланктону утворюється продукція таких планктофагів, як тюлька, білий товстолобик, чехоня, значення можливого приросту строкатого товстолобика слід брати як 30 % від загального потенційного вилову за рахунок планктофагів, а саме 5,6 кг/га.

9. Знаходимо значення різниці між потенційним та реальним виловом строкатого товстолобика: $5,6 - 1,2 = 4,4$ кг/га. Таким чином, це саме те значення вилову товстолобика, яке можливо додатково отримувати за рахунок більш ефективного використання зоопланктону. Так як приріст товстолобика складає 0,5 кг за сезон, доцільне зариблення водосховища у кількості $4,4 : 0,5 = 8,8$ екз/га. Помножуючи останнє значення на площу водосховища (92200 га), знаходимо загальну кількість зарибку строкатого товстолобика – 811,36 тис. екз на водосховище. При цьому важливо щоб маса особин перевищувала 100 г для уникнення достатньої швидкості втечі від хижаків.

Аналогічно розраховується вторинна продукція зообентосу, зариблення водойми рибами-бентофагами та збитки, заподіяні рибному господарству за рахунок зниження продукції риб-бентофагів. При цьому потрібно знати середні чисельність та біомасу зообентосу за кожний місяць вегетаційного сезону, значення Q_1 , r , K_2 та кількість калорій на 1 г тіла головних груп зообентосу (олігохети, поліхети, молюски, ракоподібні, личинки хірінімід, бабок та інших комах) приріст та вилов за останні роки об'єктів зариблення.

При розрахунку зариблення рибами, які споживають макрофіти (білий та чорний амур), виходять з тій частини вищих водяних рослин, яка зумовлює надлишкове заростання, при котрому погіршується кисневий режим та відбувається заболочування. У випадку Київського водосховища

ця величина на початку ХХ сторіччя становить 30 %. Від річної продукції макрофітів (268202 т) це складає 111750,6 т. Зі споживаного амуrom засвоюється 1 частина з 30, а саме 3725 т. Таким чином, 129 кг/га – потенційний приріст іхтіомаси риб, які живляться макрофітами. Надалі послідовність розрахунку зариблення амура аналогічна такій для риб, які живляться зообентосом та зоопланктоном.

При розрахунку зариблення рибами, які споживають фітопланктон (білий товстолобик), враховують, що рибами споживається 30 % фітопланктону, а саме. $9300 \cdot 0,3 = 2790$, а з споживаного засвоюється 1/50 частин.

За добу планктонні тварини фільтрують у середньому 200 мл на 1 мг тварин. Таким чином, маючи данні о біомасі тварин, можливо розрахувати самоочищувальну здатність водойми. Наприклад, якщо продукція зоопланктону Київського водосховища складає $9,94 \text{ г/м}^3$ за вегетаційний сезон чи $47,3 \text{ мг/м}^3$ за добу, то за одну добу зоопланктон водосховища фільтрує $9,46 \text{ л/м}^3$ чи 1988 л/м^3 за сезон чи 159040000 л/га . На 1 га водосховища припадає 80000000 л , з чого отримуємо, що на 1 га зоопланктон впродовж вегетаційного сезону фільтрує 2 л води.

Хід роботи:

1. Здійснити розрахунок потенційної рибопродуктивності за рахунок зоопланктону.
2. Розрахувати зариблення водойми рибами-бентофагами.
3. Розрахувати зариблення водойми рибами, які споживають макрофіти.
4. Розрахувати зариблення водойми рибами, які споживають фітопланктон.

Контрольні питання

1. Які показники необхідні для переведення вторинної продукції у потенційну рибопродуктивність?
2. Як перевести значення біомаси зоопланктону г/м^3 на кг/га ?
3. За яким алгоритмом враховують відсоток хижих риб?
4. Як можна розрахувати самоочищувальну здатність водойми за рахунок зоопланктону?
5. Які показники застосовуються при розрахунку зариблення водосховища рибами, які споживають первинну продукцію?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

Тема: визначення часу генерації, продукції бактеріальної біомаси та продукції вищих водяних рослин.

Мета роботи: оволодіти методикою розрахунку біомаси, часу генерації продукції мікроорганізмів водойм та продукції вищих водяних рослин.

Матеріали для проведення заняття: стерильні колби, мембранні фільтри № 6, стерильні склянки об'ємом 300 мл, розчин формаліну, м'ясо-пептонний агар (МПА), мікроскоп.

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал по темі.
2. Провести обчислення за прикладом розрахунку згідно з наданим варіантом.
3. Оформити результати обчислення в електронному вигляді для захисту практичного курсу.

Теоретичні відомості

Вивчення продукції бактеріопланктону

Для уявлення про істинну продукцію біомаси мікроорганізмів та їх роль у перетворенні речовин у водоймі необхідно знати швидкість їх розмноження, відмирання та споживання зоопланктоном. Визначення швидкості подвоєння чисельності бактерій (часу генерації) здійснюється наступним шляхом:

1) 1 л відібраної проби води переносять в стерильну колбу, звідки відбирають 10 мл в стерильну пробірку та підраховують загальну чисельність бактерій прямим методом на мембранних фільтрах та кількість сапрофітів на м'ясо-пептонний агар (МПА).

2) 500мл проби фільтрують в стерильну колбу крізь мембранний фільтр № 6 (розмір пор=7 мкм) для видалення фіто- і зоопланктону. 250 мл профільтрованої води вносять в стерильну склянку об'ємом 300 мл і поміщають у водойму на 8 год при схожості умов освітлення та температури до природних.

3) По закінченні експозиції зі склянки піпеткою відбирають воду у 2 пробірки. В одну додають формалін, фільтрують воду скрізь мембранний фільтр та визначають загальну кількість бактерій прямим підрахунком. З другої пробірки роблять посів на МПА в чашки Петрі.

Час генерації бактерій g (в годинах) рахують за формулою:

$$g = \frac{t \lg 1.8}{\lg B - \lg b'}$$

де b – вихідна кількість бактерій, B – кількість бактерій після експозиції, t – тривалість експозиції, год. Аналогічно визначається час генерації сапрофітів.

Надалі 250 мл не фільтрованої води з того ж батометру експонують впродовж часу t в тих самих умовах, що й фільтровану та визначають кількість бактерій перед експозицією (b') та після експозиції (B') методом прямого підрахунку. Розрахунок продукції бактерій за годину проводять за формулою:

$$y = \frac{b'}{g} \cdot \frac{b' - B'}{t}$$

де g – час генерації, год, t – тривалість експозиції, год.

Визначення продуктивності вищих водяних рослин

Вивчення продукції макрофітів базується на визначенні фітомаси надземної частини рослин ваговим методом в період масового цвітіння рослин. При розрахунку продукції водяної рослинності по максимальній фітомасі вводять незначну надбавку у розмірі 10-20 %. Продукція макрофітів за вегетаційний сезон виражається в одиницях повітряно-сухої (ПСР), абсолютно сухої (АСР), сирої органічної речовини (СР), вуглецю, джоулів та калорій на одиницю площі.

Річна продукція літньо-зелених макрофітів обчислюється за формулами:

1) угруповання надводних та занурених рослин:

$$P = 1,2 \cdot V_{\max}$$

де V_{\max} – максимальна надземна фітомаса (умовно, у період масового цвітіння);

2) угруповання рослин з плаваючими на поверхні води листями:

$$P = 1,2 \cdot V_{\max} + \bar{W}n$$

де \bar{W} – середня вага листа, n – кількість мутовок без листів.

Розрахунок продукції вищих водяних рослин здійснюється в наступній послідовності: 1) встановлюють середню фітомасу в СР, ПСР, АСР рослинних угруповань, г/м²; 2) встановлюють площу, яку займають у водоймі рослинні угруповання, в га чи км²; 3) встановлюють загальну фітомасу СР, ПСР, АСР в кг, ц, т; 4) встановлюють загальну фітопродукцію СР, ПСР, АСР в кг, ц, т; 5) встановлюють загальну

продукцію органічної речовини в кг, ц, т; б) встановлюють продукцію на одиницю площі водойми СР, ПСР, АСР, вуглецю С, г/м^2 , кДж/м^2 ; 7) встановлюють ті самі показники на одиницю площі мілководь; 8) встановлюють ті самі показники на одиницю площі заростей; 9) встановлюють ті самі показники на одиницю об'єму водойми, мг/л , г/м^3 , Дж/л , кДж/м^3 . При даних розрахунках застосовують наступні переводні коефіцієнти: органічної речовини в надводній рослинності 92 %, в рослинності з плаваючим листям – 90 %, у зануреній рослинності – 85 %; 1 г органічної речовини дорівнює 46,4 % або 40 % вуглецю АСР.

Хід роботи:

1. Визначити швидкість подвоєння чисельності бактерій (часу генерації).
2. Визначити продуктивність вищих водяних рослин.

Контрольні запитання

1. Як та для чого видаляють фіто- та зоопланктон?
2. Як визначають час генерації бактеріальних клітин?
3. За якою формулою проводять розрахунок продукції бактерій?
4. Для чого роблять посів на МПА?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

Тема: оцінка придатності води річки для рибогосподарських потреб за комплексним іхтіоекологічним індексом.

Мета роботи: ознайомитись з інструментальними методами оцінки придатності води річок для рибогосподарських потреб за комплексним іхтіоекологічним індексом.

Матеріали для проведення заняття: таблиці з даними.

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал по темі
2. Провести обчислення за прикладом розрахунку згідно наданого варіанту.

3. Оформити результати обчислення в електронному вигляді для захисту практичного курсу.

Теоретичні відомості

Оцінка якості вода здійснюється на основі КНД-211.1.4.010-94 «Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України» з деякими доповненнями та уточненнями за трьома блоками показників:

- сольового складу;
- трофо-сапробіологічних показників;
- специфічних домішок токсичної та радіаційної дії.

Кожний із вищенаведених індексів розраховується на підставі порівняння фактичних та нормованих значень показників, що входять до складу відповідних блоків. Відносна оцінка кожного окремого показника є числовою безрозмірною величиною, значення якої знаходяться за формулою:

$$I_{a \max} = \frac{F_{\text{факт}}}{F_{\text{опт}}};$$

$$I_{b \max} = \frac{F_{\text{факт}}}{F_{\text{опт}}};$$

$$I_{c \max} = F_{\text{факт}}/F_{\text{опт}}.$$

У кожному з трьох блоків показників визначають максимальне відхилення від норми (оптимуму), що і являється визначальним впливом на результат ($I_{a \max}$, $I_{b \max}$, $I_{c \max}$).

Оцінка сумарної дії досліджуваних показників здійснюється шляхом обчислення екологічного індексу I_e за формулою:

$$I_e = (I_{a \max} + I_{b \max} + I_{c \max})/3.$$

Класи якості води визначаються виходячи з величини іхтіоекологічного індексу I_e таким чином:

I клас: $I_e \leq 1,0$;

II клас: $1,01 < I_e \leq 3,0$;

III клас: $3,01 < I_e \leq 8,0$;

IV клас: $8,01 < I_e \leq 21,0$;

V клас: $21,01 < I_e \leq 55,0$ і більше.

Таблиця 8.1

**Нормовані та гранично допустимі значення показників якості води
рибогосподарських підприємств в період вирощування риби**

Показники якості води	Водойми	Технологічна норма	Нормовані (допустимі) значення
Прозорість, % глибини ставу	коропові, осетрові	50 %	30 %
	форелеві		
Водневий показник (рН) води	коропові, осетрові	7-8,5	6,5-9
	форелеві	7-7,5	6,5-8
Завислі речовини, мг/л	коропові, осетрові	25	30
	форелеві	10	15
Розчинений кисень, мг/л O ₂	коропові, осетрові	6-8	зниження вранці не нижче 2
	форелеві	9-11	не нижче 6
Двоокис вуглецю, мг/л CO ₂	коропові, осетрові	10	30
	форелеві		
Сірководень, мг/л H ₂ S	коропові, осетрові	відсутній	відсутній
	форелеві		
Вільний аміак, NH ₃ , мгN/л	коропові, осетрові	не більше	0,1
	форелеві	0,07	
Амонійний азот NH ₄ ⁺ , мгN/л	коропові, осетрові	2	2,5
	форелеві	1	1,5
Нітриди NO ₂ ^I , мгN/л	коропові, осетрові	0,1	0,2
	форелеві	0,05	0,1
Нітрати NO ₃ ^I , мгN/л	коропові, осетрові	2	3
	форелеві	0,1	1
Перманганатна окислюваність, мгO/л	коропові, осетрові	15	25
	форелеві	10	15
БСК ₅ , мг/лO ₂	коропові, осетрові	1-6	3
	форелеві	не більше 2	3,5

Хід роботи:

1. Розрахувати максимальні перевищення показників якості води за рибогосподарськими нормативами. Результати розрахунків зводяться в табл. 8.2.

Таблиця 8.2

№ пор.	Показник	Розмірність	Факт значення (F _{факт})		Нормоване (оптим.) значення (F _{опт})	
			створи		створи	
			1	2	1	2
Сольовий склад						
1						
2						
3						
$I_a = \max\{y_1 y_2 y_3\}$						
Трофо-сапробіологічні показники						
4						
5						
18						
$I_b = \max\{y_4 y_5 y_{18}\}$						
Специфічні показники токсичної та радіаційної дії						
19						
20						
$I_c = \max\{y_{19} y_{20}\}$						

2. Розрахувати екологічний індекс I_c для оцінки сумарної дії досліджуваних показників.

Контрольні запитання

1. Які блоки показників використовують при визначенні комплексного іхтіоекологічного індексу якості води?
2. Які нормативи використовують для порівняння з фактичними концентраціями?
3. За якими показниками оцінюють сольовий склад поверхневих вод?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9

Тема: розрахунок індекса сапробності Пантле і Букка.

Мета роботи: ознайомитись з розрахунком індекса сапробності Пантле і Букка в модифікації Сладечека за фітопланктоном та зоопланктоном.

Матеріали для проведення заняття: таблиці з даними,

калькулятор.

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал за методиками відбору проб фітопланктону та зоопланктону.
2. Узагальнити теоретичний матеріал за біоіндикаційними методами оцінки якості води водойм – система сапробності, зони сапробності, сапробні організми.
3. Провести обчислення за прикладом розрахунку згідно з наданим варіантом.
4. Оформити результати обчислення в електронному вигляді для захисту практичного курсу.
- 5.

Теоретичні відомості

Система сапробності. Принцип санітарно-біологічного аналізу якості води полягає в тому, що при надходженні у водойм стічних вод цілий ряд гідробіонтів гине, в наслідок чого виникають специфічні угруповання організмів, відповідно до різного ступеня забруднення водойм.

Основи біологічного аналізу води були закладені у 60-70-х роках ХІХ ст. А. Мюллером, Ф. Коном та іншими. Наприкінці ХІХ століття Мец дав санітарно-екологічну характеристику представників флори та фауни водойм. Після опублікування в 1908-1909 роках Кольвітцем та Марсоном списку сапробних організмів – індикаторів сапробності, санітарно-біологічний аналіз оцінки якості води знайшов широке застосування на практиці.

Поняття «сапробність» було дане професорами Нікітінським Я.Я. та Долговим Г.І.: «Сапробність – це комплекс фізіологічних властивостей даного організму, який зумовлює його здатність розвиватись у воді з тим чи іншим вмістом органічних речовин, з тим чи іншим ступенем забруднення». Автори системи сапробності Кольвітц та Марсон характеризували ступінь забруднення водойм не специфічними угрупованнями, а провідними індикаторними організмами. Тому, список сапробних організмів нараховував більше 1000 видів. Крім того, система сапробності була розроблена тільки для прісних вод з переважно господарсько-побутовими, а не промисловими стоками.

Долгов Г.І. (1926р.) вважав, що при оцінці ступеня забруднення води основну увагу треба приділяти не окремим індикаторним видам, а їх

угрупованням. Це дозволило йому скоротити список індикаторних організмів до 103 видів. Подальше скорочення переліку було зроблене Лібманом (1962р.).

Для збільшення чутливості «живої індикаторної шкали» чеський дослідник Сладечек (1965р.) здійснив подальшу диференціацію, виділивши в системі сапробних організмів чотири групи: 1) катаборна (питна вода); 2) лімносапробна, що відповідає системі Кольквітца-Марсона; 3) еусапробна (господарсько-побутові та промислові стічні води, що підлягають бактеріальному розкладу; 4) транссапробна (стічні води, що не підлягають бактеріальному розкладу).

Згідно досліджень Левітова, Телітченко (1959р.) підвищити чутливість індикаторних організмів можна виявляючи зміни в їх фізіології, так як такі зміни можуть у них з'явитись під впливом забруднення значно раніше, ніж організми загинуть.

Зони сапробності. Сапробні організми

Полісапробна зона (Р) – зона сильного забруднення, що характеризується значним вмістом нестійких органічних речовин і наявністю продуктів їх анаеробного розкладу (метан, сірководень). Кисень у полісапробній зоні відсутній, є багато органічного детриту, проходять відновні процеси. Залізо знаходиться у формі Fe^{2+} , мул має чорне забарвлення із запахом сірководню. У цій зоні масово розвиваються рослинні організми з гетеротрофним типом живлення: сапрофітні бактерії, нитчасті водорості (*Sphaerotilus*), сірчані бактерії (*Beggiatoa*, *Triothrix*), бактеріальні зооглеї (*Zooglea ramigera*), з найпростіших – інфузорії та безколірні джгуткові.

α -мезосапробна підзона (α -м). В цій зоні починається аеробний розклад органічних речовин з утворення аміаку. Міститься багато вугільної вуглекислоти, кисень присутній у малих кількостях. У воді і донних відкладах протікають окисно-відновні процеси, залізо знаходиться в закисній та окисній формах, мул сіруватого кольору.

В альфо-мезосапробній зоні розвиваються організми, які мають високу стійкість до нестачі кисню і значного вмісту вугільної кислоти. Переважають рослинні організми з гетеротрофним та міксотрофним живленням, окремі організми мають масовий розвиток. Інтенсивно розвиваються бактеріальні зооглеї, нитчасті бактерії, гриби, з водоростей поширені *Oscillatoria formosa*, *Chilomonas paramecium*, *Stechanodiscus*

hantzschii та інші.

β-месапробна підзона (β-м) характерна для водойм майже звільнених від нестійких органічних речовин, розклад яких дійшов до окислених продуктів – повної мінералізації. Концентрація кисню та вугільної кислоти значно коливаються на протязі доби, в деякий час вміст кисню доходить до перенасичення, а вугільна кислота може повністю зникати. В нічні години спостерігається дефіцит кисню і воді. В мулах багато органічного детриту, інтенсивно протікають окислювальні процеси, мул жовтого кольору. В ній значна різноманітність рослинних і тваринних організмів.

У β-м сапробній зоні у значній масі розвиваються рослинні організми з автотрофним типом живлення, спостерігається «цвітіння» води з багатьма представниками фітопланктону. В обростаннях – зелені, нитчасті, епіфітні діатомові водорості. В мулах – черви, личинки, хірономід, молюски.

Олігосапробна зона (O) характеризує практично чисті водойми з незначним вмістом нестійких органічних речовин і невеликою кількістю продуктів їх мінералізації. Вміст кисню і вугільної кислоти не зазнає помітних коливань протягом доби. Цвітіння водоростей як правило не спостерігається. В донних відкладах мало органічного детриту, автотрофних організмів і бентосних тварин (червів, личинок хірономід, молюсків). Показниками великої чистоти води в цій зоні є деякі червоні водорості (*Thorea*, *Batrachospermum*) і водні мохи.

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

У разі надходження в проточні води стічних вод зі значною концентрацією біогенних елементів (сполук азоту, фосфору, калію) у

водоймах виникають явища «цвітіння», що викликані також певними групами організмів: *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanisomenon flos-aquae*, *Gloetrichia echinulata*, *Ceratium hirundinella*, *Asterionella gracillima*, *Melosira sp.*, *Pandorina morum*, *Euglena proxima*, *Chlamidomonas Reinhardi*, *Scenedesmus quadricauda*, *Synura uvella*, *Volvox globator*, *Eudorina elegans*.

Хід роботи:

1. Згідно вихідних даних визначається видова представленість відділів водоростей. Результати представляються у вигляді табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Відбір проб фітопланктону

Відділи		Види		Кількість видів у відділі	% від заг.кількості видів
Латинська назва	Українська назва	Латинська назва	Українська назва		
Суанophyta	Синьо-зелені				
Усього					100

2. На основі табл. 9.1 будується діаграма «Динаміка видової представленості відділів водоростей за течією річки», а також заповнюється табл. 9.2.

Таблиця 9.2

Динаміка видової представленості водоростей річки

Ділянки річки	Представленість			
	Відділи	Види	% загальної кількості видів	Домінантний (і) вид (и)
Витік	<i>Cyanophyta</i>			
	<i>Chlorophyta</i>			
	<i>Euglenophyta</i>			
Середня течія				
Гирло				
Середньо зважені показники				

3. Аналізуючи динаміку чисельності та біомаси фітопланктону за течією річки, заповнюється табл. 9.3 та будується графік «Кількісний розвиток фітопланктону за течією річки».

Таблиця 9.3

Динаміка чисельності та біомаси фітопланктону річки

Ділянки річки	Чисельність, тис. кл./м ³	Біомаса, г/м ³ (мг/л)
Витік		
Середня течія		
Гирло		
Середньо зважені показники		

4. Аналізуються вихідні дані на предмет видової представленості зоопланктону річки, динаміки чисельності та біомаси зоопланктону по сезонах року. Матеріал узагальнюється у вигляді табл. 9.4 або діаграм «Чисельність» (тис. екз/м³) та «Біомаса» (г/м³) зоопланктону в різні сезони року.

Таблиця 9.4

Видова представленість зоопланктону в річці

Види зоопланктону	Таксони (ряд, порядок)	% від заг. кількості
	<i>Rotatoria</i>	
	<i>Cladocoa</i>	
	<i>Copepoda</i>	
Всього:		100

5. Для визначення класу якості вода та зони сапробності розраховується індекс сапробності Пантле і Букка в модифікації Сладечека. Для розрахунку використовується формула:

$$I_{n-} = \sum(S \cdot h) / \sum h, \quad (9.1)$$

де S – індикаторна значимість;

h – частота зустрічаємості гідробіонтів.

Визначення величини h проводять за оковимірювальною шкалою, де:

- h= 9, якщо в полі зору мікроскопу багато організмів;
- h = 7, якщо організми зустрічаються часто;
- h= 5, якщо організми зустрічаються нерідко;

- $h = 3$, якщо організми зустрічаються дуже рідко; .

- $h = 1$, якщо організми представлені поодинокими.

Індикаторну значимість (S) визначають за зонами сапробності індикаторних організмів, представлених у вихідних даних. Для цього використовують «Атлас сапробних організмів» та дані табл. 9.5.

Таблиця 9.5

Індикаторна значимість (S)

Зона сапробності	S	Умовне позначення зони
Ксеносапробна	0	x
Олігосапробна	1	0
β_m - сапробна	2	b
a_m - сапробна	3	a
Полісапробна	4	P

За індексом Пантле і Букка ксеносапробна зона визначається індексом 0,0-0,5 (I клас якості води), олігосапробна 0,51-1,5 (II клас якості води), бета-мезосапробна 1,51-2,5 (III клас якості води), альфа-мезосапробна 2,51-3,5 (IV клас якості води), полісапробна 3,51-4,0 (V клас якості води).

Результати розрахунків можуть бути представлені у вигляді табл. 9.6

Таблиця 9.6

Сапробність Пантле-Букка в модифікації Сладечека

Створи														
1					2					3				
вид	зона сапробності	h	S	S·h	вид	зона сапробності	h	S	S·h	вид	зона сапробності	h	S	S·h
Всього		$\sum h$		Σ	Всього		$\sum h$		Σ	Всього		$\sum h$		Σ

6. Виходячи з отриманих результатів, необхідно зробити висновок щодо класу якості води та зони сапробності. Отримані результати порівняти з індексом сапробності за фітопланктоном та екологічним індексом I_e .

Приклад розрахунку

Таблиця 9.7

Розрахунок індекса сапробності за фітопланктоном та зоопланктоном

№	Індикаторні організми	h	S	S·h
1	<i>Euglena viridis</i>	4	1	4
2	<i>Zooglea ramigera</i>	4	5	20
3	<i>Oscillatoria putrida</i>	4	1	4
4	<i>Closterium acerosum</i>	3	3	9
5	<i>Stentor couruleus</i>	3	7	21
6	<i>Vorticella convalaria</i>	3	3	9
7	<i>Larve statiomys</i>	3	1	3
8	<i>Paramecium burasria</i>	2	3	6
9	<i>Spirogira crassa</i>	2	5	10
10	<i>Cladophora crispata</i>	2	7	14
11	<i>Ciclotella bodanica</i>	1	1	1
12	<i>Tabellaria flocculosa</i>	1	3	3
13	<i>Planaria gonocephala</i>	1	5	5
14	<i>Lemanea annulata</i>	1	7	7
		$\sum h = 34$		$\sum S \cdot h = 116$

$$F = 116/34 = 3,41.$$

Висновок: зона сапробності – альфа-мезосапробна, IV клас якості води.

Контрольні запитання

1. Що таке сапробність і які є зони сапробності?
2. Яка різниця між олігосапробними та полісапробними зонами та водами?
3. За наявністю яких організмів оцінюють «цвітіння» води?
4. Який внесок зробили Пантле і Букка в систему сапробності?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 10

Тема: розрахунок індекса Вудівісса за зообентосом.

Мета роботи: ознайомитись з розрахунком індексу Вудівісса за зообентосом.

Матеріали для проведення заняття: таблиці з даними.

Зміст роботи:

1. Узагальнити теоретичний матеріал по темі
2. Провести обчислення за прикладом розрахунку згідно з наданим варіантом.
3. Оформити результати обчислення в електронному вигляді для захисту практичного курсу.

Теоретичні відомості

Розрахунок індекса Вудівісса використовують для біотестування мілководь та нешироких річок зарослих вищою водною рослинністю. Система сапробності дає можливість прослідкувати черговість зникнення і повторної появи організмів: водоростей, найпростіших, макробезхребетних і риб в залежності від вмісту та впливу забруднюючих речовин. За базу досліджень прийняті макробезхребетні організми бентосу: личинки веснянок, одноденок, ручейників, тубіфіцид та частота їх зустрічаємості в пробах. Величина біотичного індексу залежить від кількості виявлених груп, тобто видової різноманітності і складу населення.

Здійснюється біологічна оцінка якості води річки шляхом розрахунку індексу сапробності Вудівісса. Для цього використовується формула:

$$I_c = X_1/n, \quad (10.1)$$

де X_1 – значення біотичних індексів індикаторних організмів (табл. 10.1);

n – кількість виявлених індикаторних організмів.

В екологічній класифікації річкових вод при їх дуже значному забрудненні індекс Вудівісса дорівнює 0. Категорія сильно забруднених вод має біотичний індекс – 0,1-1, брудних – 1,1-2, помірно брудних – 3-4, чистих вод – 5-7, дуже чистих – 8-10.

Робоча шкала оцінки біотичного індексу Вудівісса

Назва організмів	Видова різноманітність	Біотичні індекси (X) за наявністю загального числа груп				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16
Личинки веснянок	Більше 1 виду	-	7	6	9	10
	Тільки 1 вид	-	6	7	8	9
Личинки одноденок	Більше 1 виду	-	6	7	8	9
	Тільки 1 вид	-	5	6	7	8
Личинки ручейників	Більше 1 виду	-	5	6	7	8
	Тільки 1 вид	4	4	5	6	7
Бокоплав	Більше 1 виду	3	4	5	6	7
	Тільки 1 вид	-	-	-	-	-
Водяні ослики	Більше 1 виду	2	3	4	5	6
	Тільки 1 вид	-	-	-	-	-
Тубіфіциди, личинки мотиля	Більше 1 виду	1	2	3	4	-
	Тільки 1 вид	-	-	-	-	-
Всі види відсутні	Більше 1 виду	0	1	2	2	-
	Тільки 1 вид	-	-	-	-	-

Хід роботи:

1. При дослідженні макрозообентосу річок дається коротка характеристика методів відбору проб макроскопічного зообентосу, а також ролі макрозообентосу в живленні риби. Аналізуються вихідні дані на предмет видової представленості та чисельності макрозообентосу річки.

2. Результати подаються у вигляді табл. 10.2 та 10.3, колової діаграми «Структура донного зооценозу річки» та графіка «Динаміка біомаси макрозообентосу за течією річки».

Таблиця 10.2

Видова представленість макрозообентосу річки

Ряд (підвид)		Клас (Тип)		% від заг. кількості видів
Латинська назва	Українська назва	Латинська назва	Українська назва	
Усього				100

Чисельність n (тис.екз/м³) та біомаса b (г/м²) макрозообентосу річки

Ділянка річки	Варіант x	
	n	b
Витік		
Середня течія		
Гирло		
Середньозважені показники	x	x

3. Розрахувати індекс Вудівісса за формулою 10.1.

4. Розраховавши індекс Вудівісса, необхідно співставити його з індексами сапробності Пантле і Букка за фіто-/зоопланктоном та екологічним індексом I_e .

Контрольні запитання

1. Яка різниця між кормовими ресурсами та кормовою базою водойм?
2. Що забороняється при відборі проб зообентосу?
3. Яким буде клас якості води, якщо біотичний індекс Вудівісса за зобентосом дорівнює 2,5; 0,8; 1,5?

Список літератури

1. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию / А. Ф. Алимов. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 152 с.
2. Березина Н.А. Практикум по гидробиологии. – М.: Агропромиздат, 1989. – 208 с.
3. Вінберг Г. Г. Первинна продукція водойм. – Мінськ : Наука, 1960. – 159 с.
4. Водоросли: справочник / С.П. Вассер др. – К. : Наукова думка, 1989. – 608 с.
5. Драчев С.М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными стоками. – М. : Наука, 1964. – 140 с.
6. Жадин В. И. Методы гидробиологических исследований. – М. : Высш. шк., 1960. – 191 с.
7. Иванов А.И. Фитопланктон устьевых областей рек Северо Западного Причерноморья. – К.: Наукова думка, 1982. – 212 с.
8. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоёмов СССР: Методы изучения. – Л.: Наука, 1981. – 187 с.

9. *Каховське* водоймище. Гідробіологічний нарис. – Київ: Наукова думка, 1964. – 303 с.
10. *Киселёв И.А.* Планктон морей и континентальных водоёмов. – Л. : Наука, 1969. – 657 с.
11. *Краснощок Г.П.* Реалізація продуктивних можливостей внутрішніх водойм на півдні України // Таврійський науковий вісник. – Херсон : Айлант, 1998. – Вип. 5. Ч. 2. – 191 с.
12. *Макрушин А.В.* Биологический анализ качества вод. – Л.: 1974. – 153 с.
13. *Арсан О.М.* Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О.М. Арсан та ін. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
14. *Методические* рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. Зоопланктон и его продукция. – Л. : ЗИН, 1984. – 35 с.
15. *Михайленко Л. Е.* Гидробиологические исследования пресных вод. // Сборник научных трудов. – К. : Наукова Думка, 1985. – 145 с.
16. Про затвердження Інструкції з відбирання, підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу гідрометеорологічними станціями і постами: Наказ № 30 від 19.01.2016 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030388-16#Text>.
17. *Романенко В. Д.* Основи гідроекології. – Київ : Обереги, 2001. – 728 с.
18. *Руководство* к лабораторным работам по химии и микробиологии воды / сост. : Л.З. Казанцева и др. – Челябинск: ЧПИ, 1984. – 47 с.
19. *Суховерхов Ф. М. П.* Ставкове рибництво / Ф. М. Суховерхов, А.П. Сиверцов. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 460 с.
20. *Хижняк М. І.* Методологія вивчення угруповань водних організмів: навч. посіб. / М.І. Хижняк, М.Ю. Євтушенко. – Київ: Український фітосоціологічний центр, 2014. – 269 с.: іл.
21. *Шерман И.М.* Экология и технология рыбоводства в малых водохранилищах. – К. : Вища школа, 1992. – 213 с.

Навчально-методичне видання

ГІДРОБІОЛОГІЯ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для студентів спеціальності 101 «Екологія»
усіх форм навчання

Укладачі: **Перебинос** Альона Ростиславівна
Ткаченко Тетяна Миколаївна

Випусковий редактор *В.С. Сасько*
Комп'ютерне верстання *Р.В. Шушпанової*

Підписано до друку 2021. Формат 60 × 84_{1/16}.
Ум. друк. арк. 3,25. Обл.-вид. арк. 3,5.
Електронний документ. Вид. № 101/III-21

Видавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.

