

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Для лабораторно-практичних занять з навчальної дисципліни
«БІОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА»
для студентів денної та заочної форм навчання
РВО «бакалавр»
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання
гідробіоресурсів»

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № _____ від « ____ » _____ 2022р.
Голова групи _____ Шекк П.В.

Затверджено
на засіданні кафедри Водних біоресурсів
та аквакультури
Протокол № _____ від « ____ » _____ 2022р.
Завідувач кафедри _____ Шекк П.В.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Для лабораторно-практичних занять з навчальної дисципліни
«БІОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА»

для студентів денної та заочної форм навчання

РВО «бакалавр»

спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»

ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання
гідробіоресурсів»

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
Протокол № _____
від « ____ » _____ 2022р.

Методичні вказівки для лабораторно-практичних занять з навчальної дисципліни «Біологічний моніторинг водного середовища» для студентів IV-V років навчання денної та заочної форм навчання, РВО «бакалавр», за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура», рівень вищої освіти бакалавр./ Бургаз М.І.– Одеса, ОДЕКУ, 2022, 53с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
Правила техніки безпеки та охорони праці під час проведення лабораторних занять	6
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1	
ТЕМА: Використання флуктуючої асиметрії тварин для оцінки якості середовища	7
<i>Питання для самоперевірки</i>	10
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2	
ТЕМА: Визначення загального мікробного числа у водоймі	11
<i>Питання для самоперевірки</i>	15
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3	
ТЕМА: Біологічний контроль водойми методами сапробності	16
<i>Питання для самоперевірки</i>	25
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4	
ТЕМА: Біологічний аналіз активного мулу	26
<i>Питання для самоперевірки</i>	30
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5	
ТЕМА: Оцінка трофічних властивостей водойми з використанням вищих рослин	31
<i>Питання для самоперевірки</i>	37
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6	
ТЕМА: Визначення якості води у прісноводній водоймі за видовою різноманітністю макрофітів	38
<i>Питання для самоперевірки</i>	44
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7	
ТЕМА: Визначення якості води у прісноводній водоймі за видовою різноманітністю зообентосу	45
<i>Питання для самоперевірки</i>	51
ЛІТЕРАТУРА	52

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки для лабораторно-практичних занять з навчальної дисципліни «Біологічний моніторинг водного середовища» за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура» призначені для студентів IV-V років навчання денної та заочної форм навчання рівня вищої освіти «Бакалавр», а також для самостійної роботи студентів, включаючи збір польового матеріалу, його обробку і підготовку курсових та магістерських робіт.

Біомоніторинг – це регулярна біоіндикація, що проводиться за певною системою згідно з розробленою програмою польових та лабораторних досліджень, за яких проводиться також кількісний вимір показників протягом достатнього тривалого часу.

Метою вивчення дисципліни «Біологічний моніторинг водного середовища» є освоєння основної складової екологічного моніторингу та використання методів біоконтролю. На етапі проводять комплексний моніторинг довкілля. Його складовою є біологічний, що здійснюється на комплексних станціях і включає систему організмів-індикаторів. Біологічний моніторинг не підміняє та не витісняє фізико-хімічні методи дослідження природного середовища. Він дозволяє точніше прогнозувати зміни у різних екологічних ситуаціях.

Для оцінки екологічної небезпеки важливо визначити як ступінь забруднення довкілля, а й біологічні ефекти, що вони викликають. Основна перевага сучасного біомоніторингу – оцінка якості навколишнього середовища та ступеня його забруднення за станом біоти на різних рівнях організації живої матерії: клітинному, організмовому, надорганізмовому (популяційно-видовому, біоценотичному, ландшафтному та біосферному). Біомоніторинг дозволяє визначити ступінь комфортності існування у конкретній екосистемі організмів, найбільш чутливих до забруднення та трансформації природного середовища, а також опосередкований вплив різноманітних впливів на здоров'я людини.

Освоєння дисципліни «Біологічний моніторинг водного середовища» спрямовано формування знань про методику оцінки ризику інвазій, контролю та боротьби з чужорідними видами організмів; умінь визначати та аналізувати основні забруднення навколишнього середовища, що перевищують нормативні значення відповідно до вимог нормативних правових актів з охорони навколишнього середовища; володінь навичками планування робіт, визначення меж територій та об'єктів моніторингу піднаглядних територій; формування висновку про екологічний стан піднаглядних територій та можливості застосування на них природоохоронних біотехнологій; оцінки ступеня шкоди та деградації природного середовища.

У силлабусі дисципліни «Біологічний моніторинг водного середовища» наведені змістовні лекційні та практичні модулі, контрольні питання для захисту практичних та лабораторних робіт та критерії оцінювання. Ознайомитись з силлабусом можна за посиланням - <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/9955>

ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

1.1. Загальні вимоги

1.1.1 До лабораторних робіт з дисципліни «Біологічний моніторинг водного середовища» студенти допускаються лише після ознайомлення та складання індивідуального заліку з «Правил техніки безпеки та охорони праці», а до кожної окремої лабораторної роботи – після поточного інструктажу, відповідно темі роботи та особливостей її виконання.

1.1.2. Заборонено пересуватись по лабораторії без необхідності.

1.1.3. Категорично забороняється вживати будьщо (пити, їсти).

Користуватись виключно тим обладнанням, яке видане викладачем (лаборантом) для виконання поточного завдання.

1.1.4. Категорично забороняється приступати до роботи без інструктажу з техніки безпеки.

1.1.5. При випадковому отриманні травм або поганому самопочутті як особистому так і будь кого в лабораторії негайно повідомити про це викладача.

1.2. Вимоги безпеки перед початком роботи

1.2.1. Перед початком роботи необхідно уважно вивчити зміст і порядок виконання роботи, перелік необхідного обладнання, препаратів та матеріалів.

1.2.2. Підготувати робоче місце згідно вимогам до виконання роботи.

1.2.3. Про помічені пошкодження обладнання повідомити викладача.

1.3. Вимоги безпеки під час роботи

1.3.1. Роботи виконуються виключно згідно плану та методики поточної лабораторної роботи.

1.3.2. Роботи виконуються обов'язково з дотриманням обережності при використанні колючих чи ріжучих інструментів (не допускати різких рухів, направляти їх гострою частиною на себе і оточуючих тощо) .

1.3.3. Обережно поводитися з лабораторним посудом, розбиті склянки не прибирати руками.

1.3.4. До будь-якої речовини чи розчину відноситись як до хімічно небезпечної (не нюхати, не пробувати на смак, при попаданні на шкіру, одяг негайно їх промити).

1.3.5. Для проведення лабораторних робіт з фіксованим у формаліні матеріалом необхідно напередодні заняття витягнути його з розчину і ретельно промити під проточним струменем води.

1.3.6. Не відволікатися і не відволікати інших студентів сторонніми розмовами і діями.

1.3.7. Негайно повідомляти викладача про розливи розчинів, води, не прибирати самостійно будь-які речовини.

1.4. Вимоги безпеки по закінченні роботи

1.4.1. Робота вважається закінченою після відповідного дозволу викладача.

1.4.2. Прибирання робочого місця виконується за інструкціями, наданими викладачем.

1.4.3. З лабораторії можна вийти після дозволу викладача.

1.4.4. Ретельно вимити руки.

Лабораторна робота № 1 ВИКОРИСТАННЯ ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ ТВАРИН ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА

Мета роботи: Інтегральна експрес-оцінка якості довкілля живих організмів за флуктуюючою асиметрією деяких ознак хребетних та безхребетних.

Матеріали та обладнання: бінокляр; чашки Петрі; ентомологічні шпильки; гумові рукавиці; фіксований матеріал риб та жаб, витриманий попередньо у воді.

Теоретичні питання.

Для характеристики водних екосистем рекомендовано використовувати найбільш звичайні, масові види риби: лящ - *Abramis brama* Linnaeus, 1758; плітка - *Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758; річковий окунь - *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758; щука - *Esox lucius* Linnaeus, 1758; карась золотий - *Carassius carassius* Linnaeus, 1758; сріблястий карась - *Carassius auratus* Bloch, 1783; бичок зеленчак - *Zosterisessor ophiocephalus* Pallas, 1811; верховодка - *Alburnis alburnis* Linnaeus, 1758.

Вибірki риб повинні складатися з особин різного віку. При вивченні дорослих риб необхідно враховувати, що отримані оцінки рівня флуктуючої асиметрії відображують вплив середовища на момент формування дослідних ознак. Оцінку ситуації на поточний момент дозволяє отримати аналіз вибірок цьоголіток. Рекомендований обсяг вибірки - 20 особин.

Найкраще використовувати щойно зловлену рибу. Зберігати матеріал зручно в замороженому вигляді. Можна фіксувати рибу в 4% формаліні або 70% етанолі.

Для оцінки рівня стабільності використовуються ознаки, які нескладно обліковуються (рис. 3.1). Рекомендований перелік морфологічних ознак для оцінки стабільності розвитку різних видів риб включає:

1) лящ (*Abramis brama*) та плітка (*Rutilus rutilus*): число променів у грудних плавцях; число променів у черевних плавцях; число променів у міжзябровій перетинці; число зябрових тичинок на 1-й зябровій дузі; число глоткових зубів (у плітки не враховується, що пов'язане зі спрямованістю асиметрії цієї ознаки); число лусок у бічній лінії; число лусок бічної лінії, пронизаних сенсорними каналцями.

2) щука (*Esox lucius*): число променів в грудних плавниках; число променів в черевних плавниках; число променів в зябрової перетинки; число зябрових тичинок на першій зябровій дузі; число надочноямкових сенсорних пор; число сенсорних пір на нижній щелепі; число сенсорних пор на зябровій кришці; число підочноямкових сенсорних пор.

3) річковий окунь (*Perca fluviatilis*): число променів в грудних плавцях; число променів зябрової перетинки; число зябрових тичинок на першій зябровій дузі; число зубців по краю передзябрової кришки; число шипів на покришковій зябровій кістці; число сенсорних пор на верхній частині голови; число сенсорних пор на нижній щелепі; число променів в черевних плавцях.

4) бичок-зеленчак (*Zosterisessor ophiocephalus*): число променів у грудних плавцях; число променів у черевних плавцях; число зябрових променів; число зябрових тичинок на 1 зябровій дузі; число зябрових тичинок на 2 зябровій дузі; число зябрових тичинок на 3 зябровій дузі; число зябрових тичинок на 4 зябровій дузі.

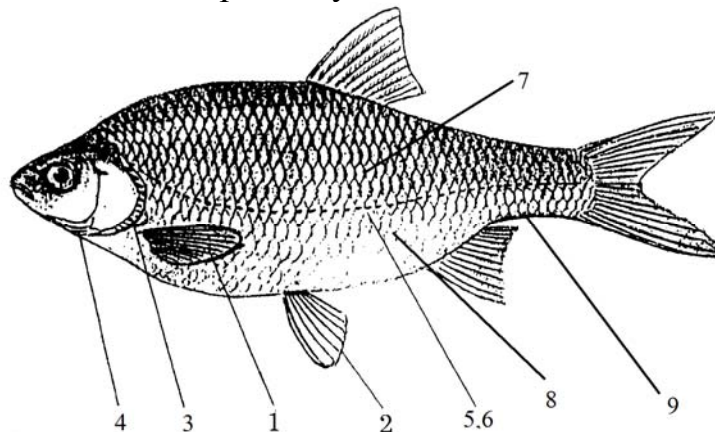


Рисунок 1.1 - Схема меристичних ознак риб для оцінки стабільності розвитку: 1 - кількість променів у грудних плавцях (*P*); 2 - кількість променів черевних плавцях (*V*); 3 - кількість зябрових тичинок на першій зябровій дузі (*sp.br.*); 4 - кількість пелюсток у зябровій перетинці (*f.br.*); 5 - кількість лусок у бічній лінії (*jj*); 6 - кількість лусок із сенсорними каналцями (*jj.sk*); 7 - кількість рядів лусок над бічною лінією (*squ.1*); 8 - кількість рядів лусок під бічною лінією (*squ.2*); 9 - кількість лусок збоку хвостового плавця (*squ.pl*)

Рівень флуктуючої асиметрії оцінюють за інтегральним показником частоти асиметричного прояву ЧАП:

$$\frac{\sum_i^k A_i}{nk}$$

де: A_i - число асиметричних проявів ознаки i (число особин, асиметричних за ознакою); n - чисельність вибірки; k - число ознак.

В якості показника асиметрії для міжпопуляційного порівняння використовують середню частоту асиметричного прояву виду (ЧАПВ), що дає уявлення про стабільність розвитку особин за комплексом меристичних ознак. Морфологічний гомеостаз, що є результатом прояву мутагенних факторів водного середовища в період раннього онтогенезу риб визначають за середньою частотою асиметричного прояву на ознаку (ЧАПО).

Завдання.

1. З кожного препарату риб зняти 5 морфогенетичних ознак.

2. З кожного препарату жаб зняти до 11 морфогенетичних параметрів.

3. Дані вимірів занести до таблиці 1.1.

4. Провести оцінку величини флуктуючої асиметрії по дисперсії відносної різниці між сторонами, заснованої на оцінці величини дисперсії відмінностей між сторонами не від нуля (суворої симетрії), а від деякої середньої різниці між ними, що має місце у аналізованій вибірці особин.

5. Для аналізу асиметрії якісних ознак розрахувати середню кількість асиметричних ознак (ЧАП) на особину:

$$\frac{\sum_i^k A_i}{nk}$$

де A_i – число асиметричних проявів ознаки i (кількість особин, асиметричних за ознакою i);

n – чисельність вибірки;

k - число ознак.

6. Провести бальну оцінку якості довкілля відповідно до таблиці 1.2, в якій наведені коефіцієнти асиметрії.

Таблиця 1.1 - Феногенетичні ознаки досліджуваних тварин

Дата		Виконавець										Вид			
Місце збору															
№ препарату	№ ознаки														
	1		2		3		4		5		...		k		
	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	
1															
2															
...															
20															

Примітка: л – ліва сторона; пр – права сторона.

Таблиця 1.2 - Оцінка якості довкілля у балах за інтегральним показником стабільності розвитку тварин

Клас	Коефіцієнт асиметрії згідно бальної оцінки				
	1 (чисто)	2 (відносно чисто)	3 (забруднено)	4 (брудно)	5 (дуже брудно)
Риби	< 0,35	0,35 – 0,40	0,40 – 0,45	0,45 – 0,50	> 0,50
Земноводні	< 0,50	0,50 – 0,55	0,55 – 0,60	0,60 – 0,65	> 0,65
Савці	< 0,35	0,35 – 0,40	0,40 – 0,45	0,45 – 0,50	> 0,50

Таблиця 1.3 - Шкала для оцінки відхилень стану риб від умов норми

Значення показника стабільності розвитку ЧАП	Бал	Якість середовища
< 0,30	I	умовно нормальне
0,3 – 0,34	II	початкові (незначні) відхилення від норми
0,35 – 0,39	III	середній рівень відхилень від норми
0,40 – 0,44	IV	суттєві (значні) відхилення від норми
0,45 та >	V	критичний стан

Питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте морфогенетичні показники, що використовуються оцінки стабільності розвитку тварин.
2. Назвіть основні принципи збору матеріалу для методу флуктуючої асиметрії тварин.
3. Охарактеризуйте оцінку величини флуктуючої асиметрії.
4. Що показує аналіз асиметрії якісних ознак?
5. Охарактеризуйте бальну оцінку якості довкілля за інтегральним показником стабільності розвитку тварин.

Лабораторна робота №2 ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО МІКРОБНОГО ЧИСЛА У ВОДОЙМІ

Мета роботи: визначення загального мікробного числа у водоймі, розташованому в рекреаційній зоні міста.

Матеріали та обладнання: стерильні чашки Петрі; стерильні мембранні фільтри ($d=0,45\text{мкм}$); фільтрувальний прилад Зейтца; водострумний насос; м'ясопептонний агар (МПА); стерильний пінцет; 70%-ний спирт; спиртування; термостат; стерильні колби.

Теоретичні питання.

Мікробіологічне дослідження - це виділення чистих культур мікроорганізмів, культивування та вивчення їх властивостей. Чистими називаються культури, що складаються з мікроорганізмів одного виду. Вони потрібні при діагностиці інфекційних хвороб, для визначення видової і типової приналежності мікробів, у дослідницькій роботі, для отримання продуктів життєдіяльності мікробів (токсинів, антибіотиків, вакцин і т. п.).

Для культивування мікроорганізмів (вирощування в штучних умовах *in vitro*) необхідні особливі субстрати - поживні середовища. На середовищах мікроорганізми здійснюють всі життєві процеси (харчуються, дихають, розмножуються і т. д.), тому їх ще називають «середовищами для культивування».

Живильні середовища є основою мікробіологічної роботи, і їх якість нерідко визначає результати всього дослідження. Середовища повинні створювати оптимальні (найкращі) умови для життєдіяльності мікробів. Вимоги, що пред'являються до середовища

Середовища повинні відповідати таким умовам:

1) бути поживними, тобто містити в легко засвоюваному вигляді всі речовини, необхідні для задоволення харчових і енергетичних потреб. Ними є джерела органічних і мінеральних (неорганічних) речовин, включаючи мікроелементи. Мінеральні речовини не тільки входять в структуру клітини і активізують ферменти, а й визначають фізико-хімічні властивості середовища (осмотичний тиск, рН та ін.) При культивуванні ряду мікроорганізмів в середовища вносять фактори росту - вітаміни, деякі амінокислоти, які клітина не може синтезувати;

2) мати оптимальну концентрацію водневих іонів - рН, так як тільки при оптимальній реакції середовища, що впливає на проникність оболонки, мікроорганізми можуть засвоювати живильні речовини. Для більшості патогенних бактерій оптимальна слабощелочна середина (рН 7,2-7,4). Виняток становлять холерний вібріон - його оптимум знаходиться в лужному зоні (рН 8,5-9,0) і збудник туберкульозу, який потребує слабощелочної реакції (рН 6,2-6,8). Щоб під час росту мікроорганізмів кислі або лужні продукти їх життєдіяльності не змінили рН, середовища повинні

володіти буферністю, тобто містити речовини, що нейтралізують продукти обміну;

3) бути Ізотонічність для мікробної клітини, тобто осмотичний тиск у середовищі має бути таким же, як всередині клітини. Для більшості мікроорганізмів оптимальна середу, відповідна 0,5% розчину натрію хлориду;

4) бути стерильними, так як сторонні мікроби перешкоджають росту досліджуваного мікроба, визначенню його властивостей і змінюють властивості середовища (склад, рН та ін);

5) щільні середовища повинні бути вологими і мати оптимальну для мікроорганізмів консистенцію;

6) володіти певним окисно -відновним потенціалом, тобто співвідношенням речовин, які віддають і приймають електрони, висловлюваним індексом RH_2 . Цей потенціал показує насичення середовища киснем. Для одних мікроорганізмів потрібен високий потенціал, для інших - низький. Наприклад, анаероби розмножуються при RH_2 не вище 5, а аероби - при RH_2 не нижче 10. Окислювально-відновний потенціал більшості середовищ задовольняє вимогам до нього аеробів і факультативних анаеробів;

7) бути по можливості уніфікованим, тобто містити постійні кількості окремих інгредієнтів. Так, середовища для культивування більшості патогенних бактерій повинні містити 0,8-1,2 гл амін-ного азоту NH_2 , тобто сумарного азоту аміногруп амінокислот і нижчих поліпептидів; 2,5-3,0 гл загального азоту N; 0, 5% хлоридів у перерахунку на натрію хлорид; 1% пептону.

Бажано, щоб середовища були прозорими - зручніше стежити за зростанням культур, легше помітити забруднення середовища сторонніми мікроорганізмами.

Класифікація середовищ

Потреба в поживних речовинах і властивості середовища у різних видів мікроорганізмів неоднакова. Це виключає можливість створення універсальної середовища. Крім того, на вибір тієї чи іншої середовища впливають мети дослідження.

В даний час запропоновано величезна кількість середовищ, в основу класифікації яких покладено такі ознаки.

1. Вихідні компоненти. За вихідними компонентами розрізняють натуральні і синтетичні середовища. Натуральні середовища готують з продуктів тваринного і рослинного походження. В даний час розроблені середовища, в яких цінні харчові продукти (м'ясо та ін.) замінені нехарчовими: кісткової і рибним борошном, кормовими дріжджами, згустками крові та ін Незважаючи на те, що склад поживних середовищ з натуральних продуктів дуже складний і змінюється в залежності від вихідної сировини, ці середовища знайшли широке застосування.

Синтетичні середовища готують з певних хімічно чистих органічних і неорганічних сполук, взятих в точно зазначених концентраціях і розчинених у двічі дистильованій воді. Важлива перевага цих середовищ в тому, що склад їх постійний (відомо, скільки і які речовини в них входять), тому ці середовища легко відтворювані.

2. Консистенція (ступінь щільності). Середовища бувають рідкі, щільні і напіврідкі. Щільні і напіврідкі середовища готують з рідких речовин, до яких для отримання середовища потрібної консистенції додають зазвичай агар-агар або желатин.

Агар-агар - полісахарид, одержуваний з певних сортів морських водоростей. Він не є для мікроорганізмів живильною речовиною і служить тільки для ущільнення середовища.

У воді агар плавиться при 80 - 100 ° С, застигає при 40-45 ° С.

Желатин - білок тваринного походження. При 25 - 30 ° С желатинові середовища плавляться, тому культури на них зазвичай вирощують при кімнатній температурі. Щільність цих середовищ при рН нижче 6,0 і вище 7,0 зменшується, і вони погано застигають. Деякі мікроорганізми використовують желатин як поживна речовина - при їх зростанні середу розріджується.

Крім того, в якості щільних середовищ застосовують згорнуту сироватку крові, згорнуті яйця, картопля, середовища з Селикагель.

3. Склад. Середовища ділять на прості і складні. До перших відносять мясопептонний бульйон (МПБ), мясопептонний агар (МПА), бульйон і агар Хоттингера, живильний желатин і пептони воду. Складні середовища готують, додаючи до простих середок кров, сироватку, вуглеводи та інші речовини, необхідні для розмноження того чи іншого мікроорганізму.

4. Призначення: а) основні (загальноживані) середовища служать для культивування більшості патогенних мікробів. Це вищезгадані МП А, МПБ, бульйон і агар Хоттингера, пептонна вода, б) спеціальні середовища служать для виділення і вирощування мікроорганізмів, що не ростуть на простих середовищах. Наприклад, для культивування стрептокока до середовищ додають цукор, для пневмо-і менінгококів - сироватку крові, для збудника коклюшу - кров; в) елективні (виборчі) середовища служать для виділення певного виду мікробів, зростанню яких вони сприяють, затримуючи або пригнічуючи ріст супутніх мікроорганізмів . Так, солі жовчних кислот, пригнічуючи ріст кишкової палички, роблять середовище елективною для збудника черевного тифу. Середовища стають елективних при додаванні до них певних антибіотиків, солей, зміні рН.

Рідкі елективні середовища називають середовищами накопичення. Прикладом такого середовища служать пептонна вода з рН 8,0. При такому рН на ній активно розмножується холерний вібріон, а інші мікроорганізми не ростуть; г) диференційно-діагностичні середовища

дозволяють відрізнити (диференціювати) один вид мікробів від іншого по ферментативної активності, наприклад середовища Гісса з вуглеводами і індикатором. При зростанні мікроорганізмів, що розщеплюють вуглеводи, змінюється колір середовища; д) консервуючі середовища призначені для первинного посіву та транспортування досліджуваного матеріалу; в них запобігається відмирання патогенних мікроорганізмів і пригнічується розвиток сапрофітів. Приклад такого середовища - гліцерина суміш, використовується для збору випорожнень при дослідженнях, що проводяться з метою виявлення ряду кишкових бактерій.

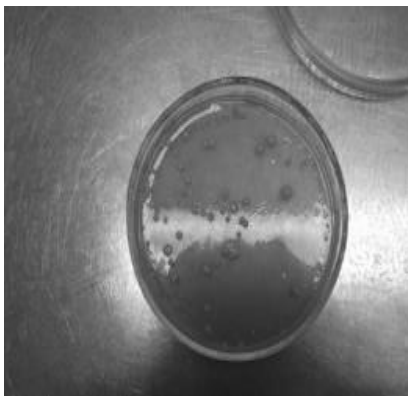
Завдання.

1. Зробити серію послідовних розведень (10² – 10⁶) води із водойми. По 10 мл води з кожного розведення пропустити через мембранні фільтри, накладені на профламовану поверхню фільтрувального приладу, використовуючи водострумний насос. Кожну пробу аналізувати в 3 - 5-кратної повторності.

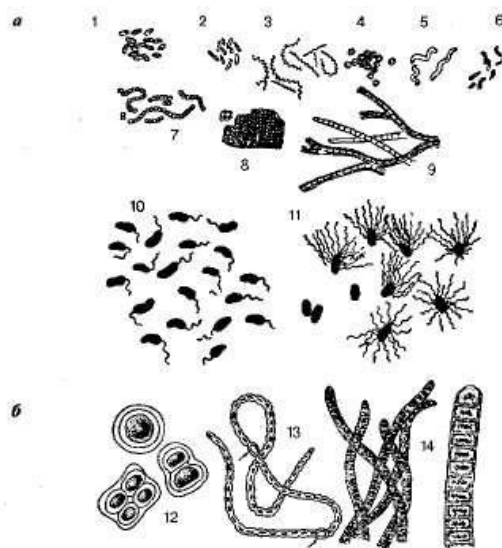
2. Розлити по 20 мл МПА у чашки Петрі та остудити.

3. Мембранні фільтри стерильним пінцетом помістити фільтратом на поверхню живильного середовища у чашки Петрі на 24 год. Чашки перевернути та інкубувати при температурі 30 – 37 °С у термостаті.

4. Після часу інкубації підрахувати кількість колоній мікроорганізмів на поверхні живильного агару. Підрахунок слід провести на всіх паралельних чашках та знайти середнє значення.



Зростання гетеротрофних мікроорганізмів на чашках Петрі



Бактерії (а) та ціанобактерії (б)

1,2 - бацили; 3 - спірохети; 4 - коки; 5- Спірили; 6 - вібріони; 7 — стрептококи та диплококи; 8 - сарцини; 9 - ниткоподібні форми; 10 - джгутикові форми; 11-війчасті форми; 12 - хроокок; 13- Нитка ностока з гетероцистами (зазначені стрілками); 14 - осцилаторія (праворуч збільшеному вигляді)

5. Чисельність клітин гетеротрофних мікроорганізмів в 1 мл води розрахувати за такою формулою:

$$A = NR/10,$$

де N - Число колоній на чашці, кл;

R - розведення, з якого вироблено посів;

10 - перерахунок на 1 мл.

6. За таблицею 2.1 визначити, до якого класу якості належить вода із тестованої водойми.

Таблиця 2.1 - Класи якості води природних водойм за бактеріальними показниками

Показник	Класи якості води				
	гранично чиста	чиста	задовільно чиста	забруднена	брудна
1	2	3	4	5	6
Чисельність бактерій планктону, млн кл/мл	< 0,3	0,3 – 1,5	1,6 – 5,0	5,1 – 11,0	> 11,0
Чисельність гетеротрофних бактерій, тис. кл/мл	< 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 5,0	5,1 – 10,0	> 10,0
Чисельність бактерій групи кишкової палички, тис. кл/мл	< 0,003	0,003 – 2,0	2,1 – 10,0	11,0 – 100,0	> 100,0

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення поняття загального мікробного числа. CFU.
2. Що таке гетеротрофи та сапрофіти?
3. Охарактеризуйте способи відбору проб води.
4. Що таке мікробіологічні живильні середовища?
5. Охарактеризуйте метод фільтрації через мембрану та глибинний посів.
6. Охарактеризуйте принципи стерилізації, методи стерилізації.

Лабораторна робота №3

БІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВОДОЙМИ МЕТОДАМИ САПРОБНОСТІ

Мета роботи: Визначення сапробності водойми.

Матеріали та обладнання: мікроскоп, акваріуми, предметне та покривне скло, пінцет.

Теоретичні питання.

Сапробність (*sapros* - гниючий) - характеристика водойми, яка показує рівень її забруднення органічними речовинами та продуктами їхнього розпаду.

Різним ступеням забруднення водойми характерні різні фізико - хімічні властивості та комплекси органічних речовин, що створюють для мешканців водойм певні умови існування (різні види водних організмів виявляють неоднакову чутливість до вмісту у воді органічних речовин). Тому, якщо водойми від чистої до найбруднішої розділити на кілька класів, то для кожного із них можна визначити групу організмів, що пристосувалися до умов певного класу якості води. Такий підхід до визначення якості води отримав назву - Система сапробності

Під сапробіологічною характеристикою будь-якого виду розуміють їхню здатність мешкати у воді з відповідним рівнем органічного забруднення.

Система сапробності. Принцип санітарно-біологічного аналізу якості води полягає в тому, що при надходженні у водойми 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-біологічного аналіз оцінки якості води знайшов широке застосування на практиці.

Поняття сапробність було дане професорами Я.Я. Нікітінським та Г.І.Долговим: “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 ведучими 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:

- катаборна (питна вода);
- лімносаяпробна, що відповідає системі Кольквітца-Марсона;
- еусаяпробна (господарсько-побутові та промислові стічні води, що підлягають бактеріальному розкладу);
- трансаяпробна (стічні води, що не підлягають бактеріальному розкладу);

Згідно досліджень Левітова, Телітченко (!959р.) підвищити чутливість індикаторних організмів можна виявляючи зміни в їх фізіології, так як такі зміни можуть в них з'явитись, під впливом забруднення, значно раніше ніж організми загинуть.

Методи біологічної оцінки якості води

Індекс сапробності. Як приклад приведемо індекс сапробності в модифікації Сладечека, один з найбільш популярних в гідробіології і прийнятий на озброєння в Гідрометслужбі України:

$$\text{Ind } S = \sum (Sh) / \sum h. ,$$

де h - велика кількість кожного виду за 9-бальною шкалою, K - сапробність цього виду за 4-бальною шкалою (приведена в спеціальних довідниках). Як індикаторні види можуть використовуватися організми як бентоса, так і планктону.

Індекс Гуднайта-Уітлея. Цей показник обчислюється дуже просто, якщо є кількісні дані по макробентосу. Він дорівнює відношенню, в %, чисельності малоцетинкових черв'яків (олігохет) до чисельності всього макробентоса. Вважається, що частка олігохет тим більша, чим сильніше забруднена вода і дно (більше органічних речовин). Індекс задовільно працює лише на м'яких ґрунтах (мулах і пісках), де взагалі можуть жити олігохети, і взагалі дуже чутливий до типу ґрунту.

Метод і індекс Вудівісса. Для біологічного аналізу забруднених вод по складу донних тварин найбільш простим і достатньо зручним представляється метод Вудівісса (1977), розроблений для р. Трент (Англія). Він заснований на зменшенні різноманітності фауни в умовах забруднення і на характерній послідовності зникнення з водою різних

груп тварин у міру збільшення забруднення. Цей метод припускає збір тільки якісних проб, без урахування великої кількості тварин, і допускає визначення тварин до рівня підрядів і родин.

Таблиця 3.1 - Обчислення індексу Вудівісса

Знайдені групи	Всього знайдено груп				
	0-1	2-5	6-10	11-15	>15
веснянки > 1 вида	-	7	8	9	10
1 вид	-	6	7	8	9
поденки > 1 вида	-	6	7	8	9
1 вид	-	5	6	7	8
ручайники > 1 вида	-	5	6	7	8
1 вид	4	4	5	6	7
бокоплав	3	4	5	6	7
водяний віслючок	2	3	4	5	6
трубочник або мотиль	1	2	3	4	-
види с повітряним диханням	0	1	2	-	-

Список груп Вудівісса: планарії Tricladida (кожен вид), малоцетинкові черв'яки Oligochaeta, п'явки Hirudinea, молюски Mollusca, вищі ракоподібні Malacostraca, веснянки Plecoptera, поденки Ephemeroptera, ручейники Trichoptera (кожне сімейство), вислокрилка Sialis, личинки хірономід Chironomidae, личинки мошок Simuliidae, інші личинки двокрилих Diptera, водні жуки Coleoptera, водні клопи Heteroptera, водні кліщі Hydracarina.

Крім того, за окремі групи Вудвісс запропонував вважати олігохету Nais, поденку Baetis rhodani і хірономіду Chironomus thummi; проте, визначити ці таксони для неспеціаліста важко.

Значення індексу Вудвісса змінюється від 0 (найбільш забруднена вода) до 10 (вода вищої якості). Для обчислення індексу потрібно знайти відповідний рядок в таблиці 1 (рухаючись по ній зверху вниз - тобто саму верхню з відповідних рядків). Потім підрахувати загальне число знайдених груп із списку, що додається, і по правій частині таблиці знайти значення індексу.

Наприклад, в пробі не зустрінуто личинок веснянок, але зустрінуто 1 вид личинок подемок. Значить, нас цікавить 4-й зверху рядок в таблиці. Допустимо, крім того в пробі знайдені п'явки, равлики, водяний ослик, 2 сімейства ручейників і хірономіди - всього (рахуючи поденку) 7 груп. Відповідно, індекс Вудівісса дорівнює 6.

Загальне число груп Вудівісса потенційно досить велике (за рахунок необмеженого числа видів планарій і великого числа сімейств ручейників. На практиці, проте, число цих груп в пробі рідко перевищує 15. При

неможливості визначення сімейств ручейників і видів планарій можна рахувати окремо кожну їх нову форму (зокрема, планарій різних кольорів і ручейників з різними типами хаток). Метод досить чутливий до об'єму проби (у загальному випадку рекомендується виловити не менше 50 тварин, інакше значення індексу може бути занижене).

Метод і індекс Вудівісса призначений для річок, проте застосовується для оцінки сапробності самих різних водойм, для яких не розроблено адекватніших показників. Слід враховувати: у стоячих водоймах значення індексу нижче, ніж в протічних, а на м'яких ґрунтах (мулі, піску) в тому ж водоймі набагато нижчий, ніж на каменях, корчах і макрофітах. Індекс порівняно непогано відображає рівень сильних і дуже сильних забруднень, але малочутливий до слабких і середніх забруднень, особливо на жорстких ґрунтах. Так, для швидкої річки з кам'янистим дном в індекс Вудівісса коливається від 7 до

9 навіть при значних органічних забрудненнях. Це зв'язано, насамперед, з наявністю стійких до забруднення видів навіть серед личинок веснянок (*Nemoura cinerea*, *Nemurella pictetii*) і поденок (*Baetis vernus*, *Heptagenia sulphurea*).

Метод Ніколаєва. Для малих і середніх річок відома шкала і метод оцінки якості вод Ніколаєва (1992). Він є, по суті, спрощеним варіантом оцінки сапробності по Пантле- Букку. Цей метод припускає збір якісних даних зі всіх донних субстратів річки, і визначення безхребетних до родів або сімейств. По Ніколаєву, річкові води діляться на 6 класів за якістю (приблизно відповідні градаціям сапробності):

- 1 - дуже чисті (ксеносапробні)
- 2 - чисті (олігосапробні)
- 3 - помірно забруднені (β-мезосапробні)
- 4 - забруднені (α-мезосапробні)
- 5-брудні (β-полісапробні)
- 6- дуже брудні (α-полісапробні).

Таблиця 3.2 - Визначення класів якості вод по Ніколаєву

Таксони	Класи якості вод				
	1	2	3	4	5
Ручайник <i>Rhyacophila</i>	*	*			
Веснянки, крім <i>Nemoura</i>	*	*			
Личинка мухи <i>Atherix</i>	*	*			
Бокоплави <i>Gammarus</i>	*	*	*		
Губки		*	*		
Беззубки (<i>Anodonta</i> , <i>Pseudoanodonta</i>)		*	*		
Зяброві равлики (<i>Viviparus</i> , <i>Bithynia</i> , <i>Valvata</i>)		*	*		
Річкові раки (<i>Astacus</i> , <i>Pontastacus</i>)		*	*		
Ручайники: <i>Neureclipsis</i> , <i>Molanna</i> ,		*	*		

Таксони	Класи якості вод				
	1	2	3	4	5
<i>Brachycentrus</i>					
Бабки: <i>Calopteryx, Plathycnemis</i>		*	*		
Одноденки: <i>Ephemera, Polymita</i>		*	*		
П'явки: <i>Glossiphoniidae</i>		*	*	*	
Перловиці (<i>Unio, Crassiana</i>)		*	*	*	
Водяні клопи		*	*	*	
Одноденки: <i>Heptageniidae</i>		*	*	*	
Вислокрилка <i>Sialis</i>		*	*	*	
Мошки <i>Simuliidae</i>		*	*	*	
Ручайники: <i>Hydropsyche, Anabolia</i>			*	*	
Бабки: <i>Gomphidae</i>			*	*	
П'явки: <i>Erpobdella, Haemopsis, Piscicola</i>			*	*	
Горошинки та шарівки (<i>Pisidiidae</i>)			*	*	
Водяний ослик <i>Asellus aquaticus</i>			*	*	*
Трубочник (<i>Tubificidae</i>), в масі				*	*
Мотиль (<i>Chironomus</i>), в масі				*	*
Личинка мухи <i>Eristalis</i> (криска)				*	*
Значимість кожного таксону	25	6	5	7	20

При оцінці за методом Ніколаєва потрібно для кожного класу якості вод в таблиці 2 підрахувати число знайдених таксонів; помножити його на значущість таксона (останній рядок таблиці 2); вибрати клас якості вод, що набрав найбільше число балів. Осібно стоїть 6-й клас якості вод, в якому макробентос не повинен зустрічатися взагалі (що і є критерієм приналежності до цього класу).

Метод Ніколаєва задовільно працює для річок шириною 7-10 і більше метрів (тобто окрім найменших), для середніх і сильних забруднень. До слабких забруднень він малочутливий. Не рекомендується застосовувати його і для стоячих водойм, в яких більшість використаних таксонів-індикаторів не зустрічаються взагалі.

Метод оцінки забруднення по літореофілам

Спеціально для оцінки низьких рівнів забруднення струмків і малих річок (шириною від 1 до 10 метрів) пропонується наступний метод і індекс. Він також припускає збір якісних даних по макробентосу, причому з щільних субстратів (переважно каменів, у гіршому разі корчів і листового опаду). Ці субстрати населяють **літореофіли** - види, найбільш вимогливі до вмісту кисню у воді і чутливі до замулювання. Визначення потрібно вести до сімейств або родів. Як індикаторні таксони використовуються личинки комах (веснянок, поденок і ручейників) і деякі п'явки. Індикаторні

таксони розбиті на дві групи (таблиця 3): А (чутливі до забруднення і нестачі кисню) і В (стійкі до нестачі кисню і збільшуючі велику кількість при органічному забрудненні і замулюванні).

Таблиця 3.3 - Літореофіли - індикатори забруднення

Чутливі таксони (група А)	Стойкі таксони (група В)
Веснянки: сім. <i>Perlodidae</i>	Веснянки: <i>Nemoura</i> (<i>Nemuridae</i>)
сім. <i>Capniidae</i>	Одноденки: сім. <i>Baetidae</i>
сім. <i>Leuctridae</i>	сім. <i>Caenidae</i>
Одноденки: <i>Ecdyonurus</i> (<i>Heptageniidae</i>)	<i>Heptagenia</i> (<i>Heptageniidae</i>)
<i>Habrophlebia</i> (<i>Leptophlebiidae</i>)	Ручайники: сім. <i>Leptoceridae</i>
Ручайники: сім. <i>Rhyacophilidae</i>	<i>Hydropsyche</i> (<i>Hydropsychidae</i>)
сім. <i>Goeridae</i>	<i>Neureclipsis</i> (<i>Polycentropodidae</i>)
сім. <i>Glossosomatidae</i>	<i>Limnephilus</i> (<i>Limnephilidae</i>)
<i>Polycentropus</i> (<i>Polycentropodidae</i>)	П'явки: <i>Erpobdella</i> (<i>Erpobdellidae</i>)
<i>Potamophylax</i> (<i>Limnephilidae</i>)	сім. <i>Glossiphoniidae</i>

Для визначення індексу потрібно підрахувати в пробі число чутливих до забруднення таксонів (А) і стійких (В).

Якщо $A+B=5$ або більше, оцінюємо A/B .

A/B дорівнює 5 і більше: водойма дуже бідна органічною речовиною сама по собі, і без слідів забруднення людиною. У середній смузі такі зустрічаються у край рідко.

3-5: водойма незабруднена, така, що несе природний "фон" органічної речовини. Такі більшість швидких річок і струмків середньої смуги в лісових масивах без населених пунктів.

2-3: водойма несе слабе, зазвичай непряме антропогенне забруднення, або природний "фон" органіки підвищений (вирубки в оточуючому лісі, часткове заболочування долини, боброві запруды і тому подібне).

1-2: у наявності помітне, але не сильне антропогенне забруднення. 0.5-1: забруднення середньої сили.

0-0.5: сильне забруднення, з великою вірогідністю має промисловий характер; починаючи з цього рівня рекомендується використовувати інші методи.

Відповідність різних показників

Оскільки всі приведені вище індекси і методи покликані вимірювати одне і те ж, їх величини повинні відповідати один одній, що і показане в таблиці 4. На практиці, через складність природи і недосконалості будь-якої з описаних методик, ця відповідність спостерігається далеко не завжди. Порівнювати оцінки, отримані за допомогою різних методів, потрібно з великою обережністю.

Таблиця 3.4 - Відповідність різних індексів якості води

Клас водпо Ніколаєву	Характеристика сапробності	індекс Пантле-Букка	Індекс Гуднайта-Уїтля, %	індекс Вудівісса*	індекс літореофілів
1-дуже чисті	Ксеносапробні	< 1.0	0-20	8-10	> 3
2 - чисті	Олігосапробні	1-1.5	21-35	5-7	2-3
3 - помірно забруднені	б-мезосапробні	1.5-2.5	36-50	3-4	1-2
4-забруднені	а-мезосапробні	2.5-3.5	51-65	1-2	0-1
5 - брудні	б-полісапробні	3.5-4.0	66-85	0-1	-
6-дуже брудні	А-полісапробні	> 4.0**	86-100**	0**	-

* - для м'яких ґрунтів (для твердих істотно вище).

** - макробентос може бути відсутнім взагалі.

Завдання.

1. Отримати у викладача «скло оростання» з різним часом експозиції в акваріумі.
2. Розглянути під мікроскопом препарати з об'єктивом Х40.
3. Використовуючи ключ визначення основних груп водних безхребетних тварин і визначники водоростей, скласти таблицю видового різноманіття та оцінити сапробність виявлених організмів.
4. Здійснити облік організмів за частотою народження за таблицею 3.5.
5. Визначити сапробність водойми за методом Пантле та Бука (табл. 3.6). Визначити клас якості води з допомогою таблиці 3.7.
6. У звіті навести відомості з п.п. 3 – 5, у тому числі рисунки виявлених видів.



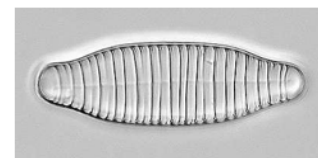
Euglena viridis

Рис. 3.1



Closterium moniliferum

Рис. 3.2



Diatoma vulgare

Рис. 3.3

Таблиця 3.5 - Шкала для перерахунку організмів-сапробіонтів у 100 полях зору мікроскопа на частоту народження

Частота зустрічності в балах	Сапробіонтит
1-а категорія крупності (організми розміром до 50 мкм)	
1 (дуже рідко)	Не більше 1 в кожному 2-м полі зору
2 (рідко)	Не більше 2 в полі зору
3 (нерідко)	Не більше 10 в полі зору
5 (часто)	Не більше 30 в полі зору
7 (дуже часто)	Не більше 60 в полі зору
9 (маса)	Більше 60 в полі зору
2-а категорія крупності (організми розміром 50 – 200 мкм)	
1 (дуже рідко)	Не більше 1 в кожному 20-м полі зору
2 (рідко)	Не більше 1 в кожному 5-м полі зору
3 (нерідко)	Не більше 1 в полі зору
5 (часто)	Не більше 3 в полі зору
7 (дуже часто)	Не більше 6 в полі зору
9 (маса)	Більше 6 в полі зору
3-я категорія крупності (організми розміром 200 – 1000 мкм)	
1 (дуже рідко)	1 в 100 полях зору
2 (рідко)	1 в 50 полях зору
3 (нерідко)	Не більше 1 в 10 полях зору
5 (часто)	Не більше 1 в 4 полях зору
7 (дуже часто)	Не більше 1 в 2 полях зору
9 (маса)	Приблизно 1 в полі зору

Таблиця 3.6 - Приклад обчислення сапробності

Проба: річка, забір води нижче міста. Дата _____			
Сопівтовариство: перифітон			
Організми	S	h	Sh
<i>Euglena viridis</i>	4	3	12
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	2	1	2
<i>Spirogyra sygmoidae</i>	2	3	6

Проба: річка, забір води нижче міста. Дата _____			
Сопівтовариство: перифітон			
Організми	S	h	Sh
<i>Closterium acerosum</i>	3	2	6
<i>Closterium moniliferum</i>	2	1	2
<i>Cyclotella menengiana</i>	3	3	9
<i>Cymbella vesiculosa</i>	2	2	4
<i>Diatoma vulgare</i>	2	3	6
<i>Melosira varians</i>	2	5	10
<i>Navicula viridula</i>	3	2	6
<i>Navicula cryptocephala</i>	3	2	6
<i>Nitzschia acicularis</i>	2	3	6
<i>Nitzshia palea</i>	2	2	6
<i>Surirella ovata</i>	2	2	4
<i>Chilidonella cuculata</i>	3	2	6
<i>Colpoda cuculus</i>	3	2	6

S – цифрове значення зон сапробності (0 – 4 – у порядку росту забруднення); h – частота народження організмів у суспільстві.

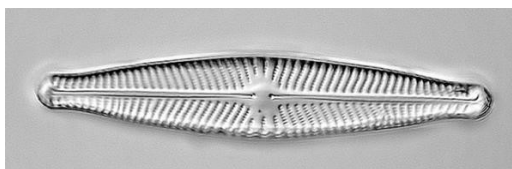
Індекс сапробності визначається за такою формулою:

$$\text{Ind S} = \frac{\sum(\text{Sh})}{\sum h}$$

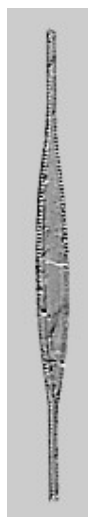
$$\sum h = 41; \sum(\text{Sh}) = 103$$

$$\sum h_p = 3; \sum h_\alpha = 15; \sum h_\beta = 23.$$

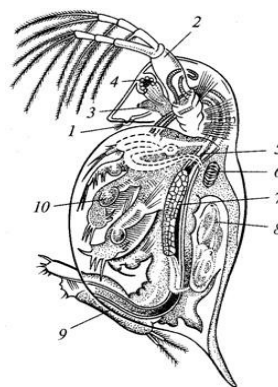
$$\text{Ind S} = \frac{\sum(\text{Sh})}{\sum h} = \frac{103}{41} = 2,51.$$



Navicula viridula



Nitzschia acicularis



Будова *Daphnia magna straus*

1 - передня антена; 2 - задня антена; 3 - Наупліальне око; 4 - фасеткове око; 5 - кишечник; 6 - серце; 7 - яєчник; 8 — ембріони у виводковій сумці; 9 - черевце; 10 - грудна ніжка

Таблиця 3.7 - Шкала оцінки якості води за системою сапробності

Клас якості водойми	Характеристика води	Індекс сапробності по Пантле та Буку
1	Дуже чиста	< 1,00
2	Чиста	1,00 – 1,50
3	Помірно (слабко) забруднена	1,51 – 2,50
4	Забруднена	2,51 – 3,50
5	Брудна	3,51 – 4,00
6	Дуже брудна	> 4,00

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення поняття сапробності.
2. Що таке сапробіонти?
3. Що таке пробні індикатори. Їх застосування у біоіндикації.
4. Яке є організми водойми?
5. Дайте характеристики зон сапробності.
6. Як відбувається кількісний облік організмів проби водойми?
7. Що таке облік частоти зустрічності?
8. Охарактеризуйте оцінку якості води за системою сапробності.
9. Охарактеризуйте метод Пантле та Бука.

Лабораторна робота №4 БІОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ АКТИВНОГО МУЛУ

Мета роботи: Ознайомлення з біологічним методом аналізу активного мулу.

Матеріали та обладнання: мікроскоп; предметні та покривні стекла; піпетка на 1 мл; активний мул; формалін 40%-ний; вата; спирт.

Теоретичні питання.

Активний мул — метод біологічного очищення стічних вод, в основі якого лежить біотичний колообіг речовин, що включає процеси утилізації, трансформації та мінералізації органічних речовин за допомогою реалізації процесу аеробної ферментації органічних стоків специфічним комплексом мікроорганізмів з бактерій, дощових червей, грибів, водоростей, найпростіших, коловерток, нематод, кліщів та ін.

Вид біологічного очищення методом активного мулу є екологічно чистим та економічно найбільш раціональним заходом. Більше 90% стічних вод очищається саме цим методом. Біологічна очистка стічних вод, яка застосовується на очисних спорудах каналізації, складає блок біологічної очистки з аеротенків і вторинних відстійників і застосовується після механічної очистки стічних вод в блоках механічної очистки.

Біотехнологія очищення стічних вод активним мулом була запропонована і реалізована в Англії у 1914 р. і відтоді принципово не змінилася.

Біологічне очищення стічних вод здійснюється за рахунок спроможності мікроорганізмів використати для свого живлення органічні речовини необхідні для їхньої життєдіяльності — азот, фосфор, калій з різноманітних сполучень, що містяться в стічних водах. В процесі живлення мікроорганізми одержують матеріал для побудови свого тіла, внаслідок чого відбувається приріст маси активного мулу.

Активний мул являє собою складну екосистему, до складу якої входить велика кількість представників мікрофлори і мікрофауни: нитчасті бактерії, гіфи водних грибів, дріжджі, джугутикові, саркодії, інфузорії, коловертки, водні черви та в невеликих кількостях інші багатоклітинні безхребетні (водяні кліщі, гастротрихт тощо). Активний мул на 95 і більше відсотків складається з прокариотів, здебільшого бактерій, і тільки менше 5% біомаси мулу становлять найпростіші.

Основу цієї системи як у кількісному співвідношенні, так і за значимістю в процесі очищення складають бактерії у вигляді пластівцеподібних скупчень — *Zoogloea*. Здатність активного мулу утворювати міцні пластівці, що швидко осідають (седиментаційна властивість) — відноситься до його головних технологічних властивостей, і їм належить найважливіша роль у забезпеченні надійності роботи біологічних очисних споруд. Порушення седиментаційних властивостей

активного мулу призводить до так званого «спухання» активного мулу — він починає мати малу щільність, займає великий об'єм, проходить збільшення мулового індексу до значень понад 150 мл/г, внаслідок чого активний мул не встигає повністю відокремитися від очищеної рідини після двогодинного відстоювання у вторинному відстійнику, починає виноситися з вторинних відстійників і вже не втягується в подальший процес очищення води.

Мікроорганізми активного мулу також є біоідентифікаційними методами моніторингу характеру забруднюючих речовин у стічних водах, а також ефективним індикатором виявлення якості активного мулу.

Більшості організмів активного мулу характерний гетеротрофний тип харчування, що передбачає засвоєння органічної речовини, яка в завислому або розчиненому стані надходить в аеротенк разом зі стоками. До 70% чисельності та біомаси організмів активного мулу складають гетеротрофні бактерії, хоча вміст цих бактерій в активному мулі, може бути різним, що залежить від умов проведення процесу. Часто, бактерії, завдяки характерному для кожного виду бактерій певному набору ферментів, спеціалізуються на тому чи іншому типі забруднення, що обумовлює їх паралельну роботу над нейтралізацією забруднюючих речовин стоків.

Засвоюють органічні речовини в розчиненому або завислому стані:

- Бактерії:
 - неспороутворюючі грамнегативні палички: *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*

- Водяні гриби родів: *Fusarium*, *Mucor*, *Saccharomyces*

- Джгутикові: *Tetrachymena pyriformis*

Інфузорії активного мулу, а саме представники наступних родів характеризуються голозойним типом живлення: *Paramecium*, *Colpidium*, *Glaucoma*, *Sentor*, *Vorticella*, *Carchesium*, *Eoistylis*, *Zoothamnium*, *Opercularia*.

Наступна ланка трофічного ланцюга належить джгутиковим, представникам рівновійкових (роди *Chilodonella*, *Colpoda*, *Trochilla*), спіральновійкових (роди *Aspisisca*, *Oxytricha*, *Opistotricha*), а також деяким багатоклітинним безхребетним (нематоди, малощетинкові черви, коловертки).

Подальший етап пов'язаний з розвитком хижацтва: інфузорії родів *Euplotes*, *Didinium*, *Tokophria*, *Acineta*; деякі джгутикові: *Bodo edax*, *Peranema trichophorum*); коловертки та малощетинкові черви.

Стічна вода, з блоку механічної очистки, після механічного очищення від крупних часток, що осідають чи спливають у полі земного тяжіння, потрапляє аеротенк — вузьку (3–11 м), глибоку (4–6 м) і довгу (50–250 м) споруду, де за допомогою дрібнобульбашкового аератора нагнітається

повітря. В аеротенку, за постійної аерації стічна вода очищається складним гідробіоценозом — активним мулом. Обробка триває 6–24 (і навіть більш) годин. Після обробки вода надходить у вторинний відстійник, в якому звільняється від активного мулу, а потім потрапляє для так званого третинного фізико-хімічного доочищення (іноді після хлорування) у проміжні водойми (ставки) і, нарешті, у річку. Частину активного мулу з сорбованими неокисленими забрудненнями, що осідає у вторинному відстійнику, повертають до біологічної очисної споруди — аеротенку.

За такої технології утворюється надлишковий мул, що створює складну для розв'язання еколого-технологічну проблему: його дуже багато і він містить небезпечні віріони, мікроорганізми, яйця гельмінтів тощо, а також іони важких металів, біологічно стійкі, токсичні і навіть мутагенні сполуки.

Умови проведення процесу залежать від наявності і оптимального співвідношення в стічних водах органічного вуглецю, азоту і фосфору, мікроелементів (сірки, марганцю, заліза, кобальту і ін.), дотримання гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин, відсутності в стічних водах токсичних для мікроорганізмів речовин, достатньої кількості кисню та інтенсивності аерації, температурного режиму, значення *pH*, навантаження на мул за кількістю забруднюючих речовин, часу контакту мулу і стічних вод, конструктивних і особливостей споруд та біологічної схеми очищення, і ін.

Надлишковий мул збирається та підсушується на мулових майданчиках. Способом утилізації надлишкового мулу, а також стічних вод органічного походження може бути метанова ферментація та біометаногенез з отриманням біогазу.

Завдання.

1. Використовувати мікроскоп із малим збільшенням. На предметне скло нанести піпеткою краплю попередньо добре перемішаної мулової суміші та накрити покривним склом. негайно розпочати мікроскопування. Замалювати виявлені у всіх полях зору види на робочий зошит.

2. На наступному етапі на предметне скло нанести довільну кількість мулу, що осів, і затиснути між двома предметними склом. Тут слід зосередити увагу на стані організмів, величині, формі та щільності пластівців мулу, наявності сторонніх домішок.

3. Надати можливу характеристику активного мулу за наявністю індикаторних видів.

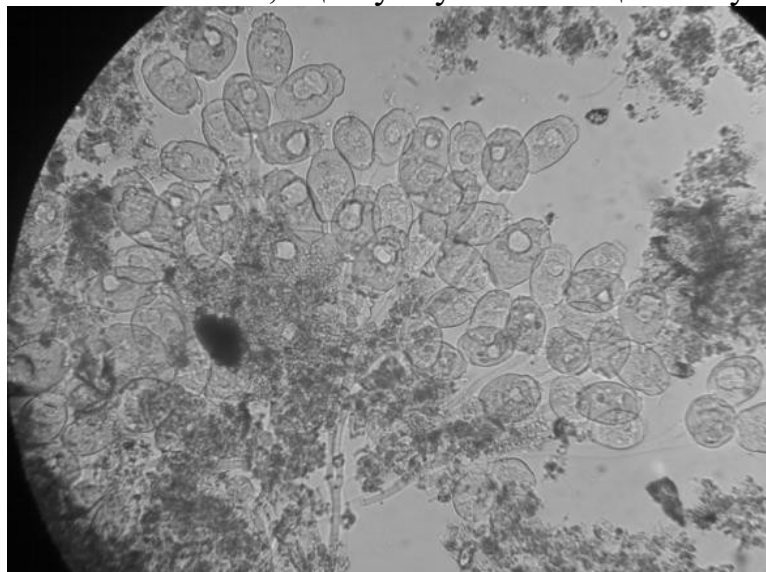
Таблиця 4.1 - Критерії норми та патології індикаторних видів активного мулу

Біоіндикатори	m	□	m + 3□	m + 7□
1	2	3	4	5
<i>Zooglea ramigera</i>	428	349	1475	2871

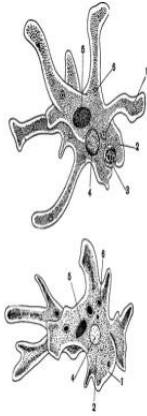
1	2	3	4	5
Нитчасті бактерії	561	2000	6561	14561
Гриби	351	375	1476	2976
Водорості	76	89	343	699
Мілкі <i>Flagellata</i>	504	431	1797	3521
<i>Amoebina</i>	1598	1063	4787	9039
<i>Jromia neglecta</i>	431	550	2087	4281
Цисти	1312	1000	4312	8312
<i>Actinopoda</i>	52	59	229	465
Сума:				
бентосних раковинних амеб	505	1000	4505	7505
вільно плаваючих інфузорій	861	–	–	–
прикріплених інфузорій	1087	–	–	–
коловерток	139	–	–	–

4. При статистичній обробці отримані дані слід порівняти з відхиленням від прийнятих норм, наведених у таблиці 4.1. Відповідно до наведеної в таблиці класифікації, середні значення дані для вибірки з проб з гарною якістю очищеної води, для яких прозорість перевищує 30 см. Якщо отримана характеристика не перевищує $m + 3\sigma$, то патологічні зміни, що виникли в процесах біологічного очищення, нормалізуються без додаткового втручання оператора рахунок мимовільного повернення до режиму біологічної очистки. Якщо характеристика перевищує $m + 7\sigma$, то відновлення нормальної роботи необхідно втручання оператора.

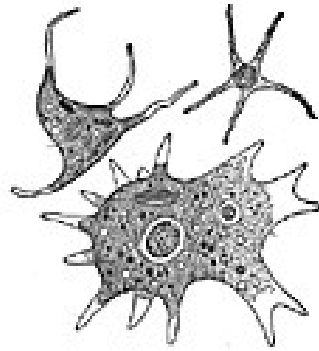
5. У звіті подати малюнки наявних груп організмів-індикаторів, відомості про їх кількісний облік, оцінку ступеня очищення мулу.



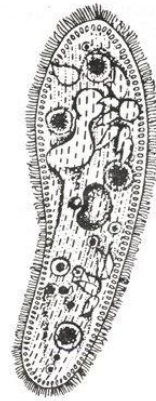
Видовий склад активного мулу – вид під мікроскопом



Амеба протей (*Amoeba proteus*)



Actinopoda



Інфузорія

Типи Плоскі, Круглі та Кільчасті черви



Питання для самоперевірки

1. Що таке активний мул? Його застосування для оперативного контролю стану процесу біологічної очистки стічних вод.
2. Які існують причини відхилень від оптимального режиму біоочищення?
3. Як відбувається взяття проб для аналізу?
4. Охарактеризуйте методи аналізу активного мулу.
5. Критерії норми та патології індикаторних видів активного мулу.
6. Наведіть основні характеристики індикаторних організмів активного мулу.
7. Дайте характеристику мулу за індикаторними видами.

Практична робота №5
ОЦІНКА ТРОФІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДОЙМИ З
ВИКОРИСТАННЯМ ВИЩИХ РОСЛИН

Мета роботи: Дати оцінку трофічних властивостей водойми.

Матеріали та обладнання: гербарій рослин; визначники-каталоги найвищих рослин.

Теоретичні питання.

Види макрофітів — індикатори умов середовища

Із загального різноманіття водних макрофітів лише частина видів придатна для використання в якості індикаторів, оскільки більшість водних рослин толерантні до умов середовища. Притаманна їм широка екологічна пластичність дозволяє пристосовуватися до різноманітних екологічних умов. Проте, серед водних рослин можна виділити групи видів, що є індикаторами певних екологічних умов.

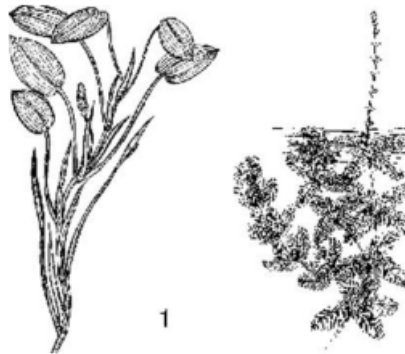
Індикатори реофільних умов. Важливою умовою природного функціонування річкових екосистем є наявність течії. В такому випадку значного розвитку у руслі річки набуває група реофільних макрофітів. До неї належать види, що здатні витримувати певні швидкості течії, перепади рівня води та потребують для свого розвитку високої концентрації розчиненого у воді кисню. Це, насамперед, різні види рдесників (рдесники пронизанолистий, довгий, кучерявий), їжачі голівки пряматазринувша, сусакзонтичний, стрілолист стрілолистий, глечики жовті, куга озерна.



Рослини-індикатори реофільних умов: рдесник кучерявий (1), стрілолист стрілолистий (2), їжачі голівки прямата зринувша (3)

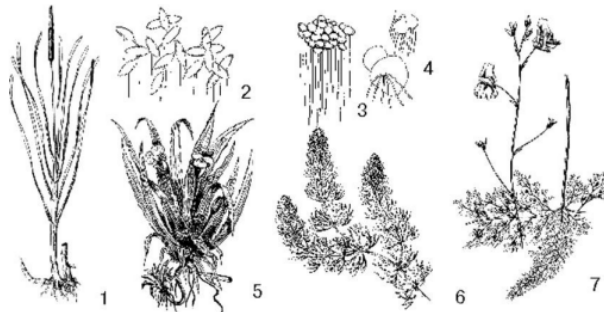
Індикатори лімнофільних умов. У разі зарегулювання річки її природний гідрологічний режим змінюється, а на ділянці, що вище греблі, створюються умови, наближені до озерних: зменшується швидкість течії аж до майже стоячої води, активізуються процеси замулення, збільшується рівень трофності води. На таких ділянках спостерігається зміна домінуючих комплексів: реофільні угруповання водних рослин поступаються місцем лімнофільним, здатним витримувати замулення,

погіршення кисневого режиму та надлишок органічної речовини у воді. Вони репрезентовані заростями очерету звичайного, рогозу вузьколистого, латаття білого, рдесників плаваючого, гребінчастого та блискучого, водопериці колосистої.



Рослини-індикатори лімнофльнихумов: рдесник плаваючий (1), водопериця колосиста (2), елодея канадська (3), рогіз вузьколистий (4)

Індикатори заболочування. У заплавах водоймах-старицях, що відмирають, на обмілілих річках і мілководних ставках зазвичай спостерігаються процеси заболочування, під час яких якість води значно погіршується. При цьому відмічається надмірний вміст органічної речовини, значне накопичення відмерлих решток рослин й спричинене цим зниження рівня розчиненого у воді кисню, збільшення концентрації сірководню та метану, вода у водоймі набуває бурого кольору.



Рослини-індикатори заболочення: рогіз широколистий (1), ряска триборозенчаста (2), ряска мала (3), спіродела багатокоренева (4), водяний різак алоеvidний (5), кушир занурений (6), пухирник звичайний(7)

В таких умовах розвивається та домінує специфічний комплекс видів макрофітів. Це рогіз широколистий, пухирник звичайний, кушир занурений, ряски мала та триборозенчаста, спіродела багатокоренева, водяний різак алоеvidний. За ступенем розвитку заростей цих видів можна визначити інтенсивність процесів заболочення у водоймі.

Індикатори засолення. Деякі з макрофітів здатні витримувати значний вміст солей у воді й зростають навіть у морі. Серед них—звичні рослини Чорного та Азовського морів — камки морська та мала. Крім цього, існує група макрофітів, що є індикаторами засолення

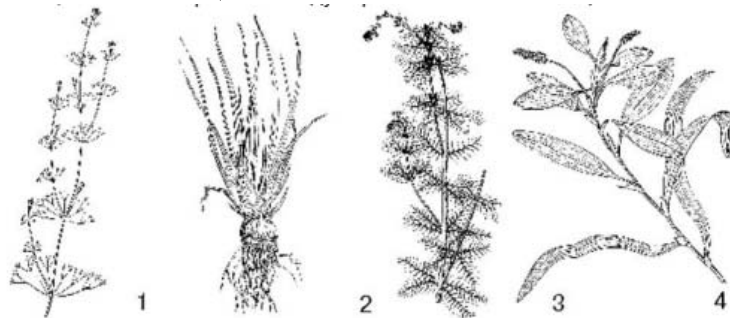
континентальних водойм. Ці види здатні виживати у водоймах, які зазнали підсолення як природним шляхом, так і внаслідок потрапляння промислово- комунальних стоків та забрудненого поверхневого стоку з навколишніх сільгоспугідь. Це цанікелія велика, рупії морська та великовусикова, кути Табернемонтана та тригранна, рогіз Лаксмана.

Індикатори трофічного статусу водойм.

Класифікація водойм за їхнім трофічним статусом ґрунтується на рівні продукування первинної продукції фотосинтезуючими організмами (мікроскопічними водоростями та макрофітами). Визначення трофічного статусу водойми здійснюється також на основі інших показників: чисельність та біомаса фітопланктону, кількість біогенних елементів (азоту та фосфору), вміст хлорофілу у воді тощо. Вчені виділяють три основних типи водойм за трофічністю: оліготрофні, мезотрофні, евтрофні. Оліготрофним водоймам притаманні незначний вміст біогенних елементів у воді (насамперед, азоту і фосфору) та невисокий рівень первинної продукції.

В Україні це, зазвичай, глибокі озера та гірські річки з холодною, прозорою, насиченою киснем водою. Вони є цінними джерелами чистої води.

Мезотрофні — це водойми із середнім рівнем первинної продукції та помірним вмістом елементів мінерального живлення. Водойми з високим рівнем первинної продукції, багаті на біогенні елементи належать до евтрофних. В них спостерігається явище «цвітіння» води за рахунок масового розвитку мікроскопічних водоростей. У цей період вода набуває специфічного кольору, а під час розкладання великої маси водоростей вона стає дуже небезпечною для здоров'я людини. Якість води у таких водоймах значно погіршена, вміст кисню низький, часто спостерігається задуха риби та інших мешканців.



Рослини-індикатори оліготрофних умов: харова водорість (1), молодильник озерний (2), водопериця черговоквіткова (3), рдесник альпійський (4)

Окремо виділяють цистрофні водойми, у яких незначний вміст доступних біогенних елементів, і саме через це — низька продукція

органічної речовини. Зазначимо, що біогеніву них міститься з надлишком, проте вони зв'язані гуміновими кислотами та недоступні для використання автотрофними організмами.

Такі водойми заболочені, з великими покладами торф'янистих донних відкладень, вода в них непрозора, тем но-коричневого кольору, вміст розчиненого кисню у воді мінімальний, проте спостерігається високий вміст сірководню. Крім основних трофчнихтипів водойм існують перехідні, наприклад, олігомезотрофні, мезо-евтрофні.

Трофічний статус водойм може змінюватися під час перебігу природних процесів або під впливом діяльності людини. В зв'язку із розвитком промисловості та інтенсифікацією сільськогосподарського використання земель повсюдно спостерігається підвищення трофічного статусу водойм. Оліготрофні водойми в Україні сьогодні надзвичайно рідкісні. Переважна більшість водойм України — мезо-евтрофні та евтрофні.

У таблиці 5.1 наводяться види макрофітів, які є індикаторами певного трофічного статусу водойм. Як бачимо, більшість видів рослин належить до середнього рівня трофності — мезо- та мезо-евтрофного. Надзвичайно мало видів рослин ростуть у чистих оліготрофних водоймах. Макрофіти — індикатори трофічного статусу водойм

Таблиця 5.1 - Види макрофітів, які є індикаторами певного трофічного статусу водойм.

Трофічний ТИП водойми	Макрофіти-індикатори
Оліготрофний	Водопериця черговоквіткова, молодильник озерний, рдесник альпійський, харові водорості
Оліго- мезотрофний	Рдесники гостролистий, злаколистий, волосовидний, фонтиналіс протипожежний
Мезотрофний	Рдесники сплюснутий, пронизанолистий, хвощ річковий, водопериця кільчаста, елодея канадська, стрілолист стрілолистий, гірчак земноводний, їжача голівка пряма, глечики жовті, кушир напівзанурений
Мезо- евтрофний	Куга озерна, водяний жовтець плаваючий, лепешняк плаваючий, наяда морська, рдесники сплюснутий, кучерявий, блискучий, туполистий, водяний горіх плаваючий, ряска триборозенчаста
Евтрофний	Водяний жовтець фенхелевидний, кушир занурений, водопериця колосиста, рдесник гребінчастий, латаття біле, вольфія безкоренева, пухирник звичайний, жабурник звичайний, сальвінія плаваюча, ряска мала, спіродела багатокоренева

Визначення якості води за макрофітами

Як вже зазначалося, індикацію за макрофітами можна здійснювати не лише за допомогою видового складу рослин водойми, але й за їхньою рясністю та особливостями просторового розподілу. Однак це потребує спеціальної ботанічної підготовки. Для екологів-початківців найпростішим є вивчення видового складу заростей водних рослин на певній ділянці озера чи річки. Визначення видового складу має на увазі складання повного переліку рослин. В опис занотовують усі види, що трапляються у водоймі або на окремій її ділянці.

Пропонуємо кілька рекомендацій щодо складання загального списку водних макрофітів.

- Для визначення якості води за макрофітами водойми загалом необхідно обрати найтипівіші для неї ділянки. Для комплексної оцінки якості води намагайтеся охопити різноманітні біотопи водойми, наприклад, для річки — плеса, перекати, затоки.

- Протяжність ділянок, що досліджуються, залежить від розмірів водойми. Так, для малої річки чи ставка необхідно обстежити 50 м узбережжя на 2-3 ділянках, для середньої річки та невеликого ставка (озера) — 100 м узбережжя.

- Якщо метою є дослідження впливу окремого джерела забруднення на якість води, то треба обирати ділянки вище та нижче від джерела забруднення.

- Обстеження треба проводити як з берега, так і з водойми (або заходячи у воду по коліна, або з човна). Не забудьте зазирнути всередину заростей — там можуть виявитися дуже цікаві знахідки.

- Найзручніше проводити обстеження окремих ярусів рослинності: надводний, власне поверхню води, її товщу. Огляд здійснюйте візуально, а для дослідження занурених видів — використовуйте граблі чи «кішки» на довгій шнурівці, дістаючи рослини з берега або човна. Дані спостережень занотовують у польовий щоденник. Види, що викликають сумніви, або є незнайомими, збирають у поліетиленовий мішечок з етикеткою для подальшого визначення. Етикетка має містити інформацію про те, де зібрана дана рослина (назва водойми, біотоп). Досить зручно присвоїти їй певну асоціативну назву, наприклад, «маленький тоненький рдесник №1», яка в подальшому буде замінена визначеною видовою назвою. Зібрані рослини можна протягом кількох діб зберігати в холодильнику або, повернувшись до класу чи лабораторії, закласти у гербарій. Згодом їх необхідно визначити до виду (роду). Наголосимо, що під час роботи з водними рослинами обов'язково треба знати види, що перебувають під охороною — це види Червоної книги України та регіональних червоних списків. Їх не можна збирати в природі та порушувати угруповання, що охороняються. Після складання загального списку рослин, серед них

виділяють види-індикатори та індикаторні групи залежно від методики, якою будуть користуватися у подальшій роботі.

Завдання.

1. Отримати у викладача завдання на картці та гербарій.
2. Дати назву кожній рослині, вказаній у завданні номером, використовуючи гербарій та каталоги-визначники.
3. Виділити індикаторні види водойм різної трофності. Дати характеристику водойми в шкалі трофності по рослинах-індикаторах (див. приклад – таблиця 5.3).
4. Привести у звіті назви всіх рослин, вказати індикаторні види водойм за шкалою трофності, охарактеризувати трофічні властивості водойми.

Для розрахунку загальної трофності кожному типу водойми присуджується номер: ацидотрофні – 0, дистрофні – 1, оліготрофні – 2, мезотрофні – 3, евтрофні – 4. Частоту зустрічальності враховують за дев'ятибальною шестиступінчастою шкалою частот (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 - Співвідношення значень відносної різноманітності та частоти народження організмів (h)

Частота зустрічальності	Кількість екземплярів одного виду, %	h
Дуже рідко	< 1	1
Рідко	2 – 10	2
Нерідко	10 – 40	3
Часто	40 – 60	5
Дуже часто	60 – 80	7
Маса	80 – 100	9

Таблиця 5.3 - Приклад розрахунку сумарної трофності водойми

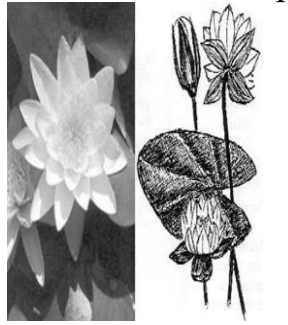
Місце відбору проб:			
Дата		Водойма – природній ставок	
Вид	Тип водойми (1)	Частота зустрічальності (2)	(1)x(2)=(3)
<i>Nuphar lutea</i>	1	1	1
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	2	2	4
<i>Potamogeton lucens</i>	2	5	10
<i>P. compressus</i>	3	5	15
<i>Lemna trisulca</i>	3	7	21
<i>Elodea canadensis</i>	3	9	27

Місце відбору проб:			
Дата _____		Водойма –природній ставок	
Вид	Тип водойми (1)	Частота зустрічаємості (2)	(1)х(2)=(3)
<i>Carex vesicaria</i>	3	3	9
		□(2) = 31	□(3) = 87

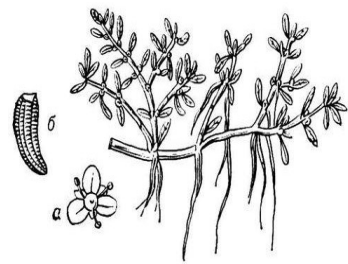
Загальна сумарна трофність водойми $\Sigma(3) : \Sigma(2) = 2,8$, що відповідає перехідному типу водойми між оліго- та мезотрофним.



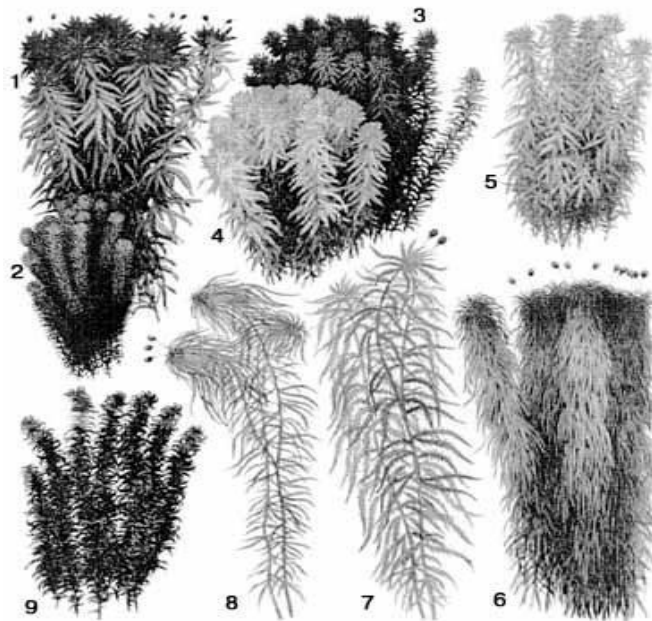
Лобелия Дотмана



Кувшинка біла



Повойничек



Сфагнові мхи

1 - сфагнум магелланський (*Sphagnum magellanicum*), 2 - сфагнум бурий (*S. fuscum*); 3 - сфагнум ленський (*S. lenense*); 4 - сфагнум Онгстрёма (*S. aongstroemii*); 5 - сфагнум балтійський (*S. balticum*); 6 - сфагнум дубравний (*S. nemoreum*); 7 - сфагнум оттопирений (*S. squarrosum*); 8 - сфагнум береговий (*S. riparium*); 9 - сфагнум прорезної (*S. perfoliatum*)

Питання для самоперевірки

1. Що таке макрофіти? Їх використання у біотестуванні.
2. Охарактеризуйте екологічну класифікацію стоячих водойм.
3. Перерахуйте основні характеристики типів водойм.
4. Охарактеризуйте індикаторні види макрофітів водойм різної трофності.

Практична робота №6

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ У ПРІСНОВОДНІЙ ВОДОЙМІ ЗА ВИДОВОЮ РІЗНОМАНІТНІСТЮ МАКРОФІТІВ

Мета роботи: Визначити ступінь забруднення водоймища за видовою різноманітністю макрофітів.

Матеріали та обладнання: гербарій рослин; каталоги-визначники найвищих рослин.

Теоретичні питання.

Макрофіти найчастіше використовуються при рекогносцирувальному огляді водних об'єктів з метою екологічно обґрунтованого розміщення постійних пунктів контролю забруднення. У прибережно-водній рослинності легко піддається обліку доміантна флора. При цьому за підтипом водної рослинності, представленої гідромезофітними, гідрофітними й гідротофітними видами, оцінюється якість водного середовища, а за підтипом прибережної рослинності, представленої гідрофітними, мезофітними й ксеромезофітними видами, оцінюється забруднення донних відкладів слаботорозчинними й малорухомими токсичними речовинами. При забрудненні водних об'єктів змінюється видовий склад, біомаса й продукція макрофітів, виникають морфологічні аномалії, відбувається зміна доміантних видів. Однак при використанні макрофітів як біоіндикаторів якості вод і донних відкладів, необхідно враховувати їхню більшу стійкість до короткочасного забруднення.

Класи якості води

Природні водойми дуже різняться одна від одної за якістю води, яку прийнято умовно поділяти на кілька класів. У даному посібнику ми розглянемо лише одну із класифікацій, за якою якість води розподілено на 5 класів, що прийнято у багатьох європейських країнах. Цим класам властиві певні характеристики і певний колір позначення на спеціальних картах якості води. Зазвичай, після визначення класу якості води, на мапах або схемах ділянку річки чи озера, яку досліджували, позначають відповідним кольором, що дозволяє наочно проілюструвати її екологічний стан.

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

II клас якості води — чиста (колір на картах якості води зелений). У воді збільшується кількість біогенних елементів, але кисневий режим залишається досить сприятливим. Спостерігається високе видове різноманіття водоростей, молюсків, ракоподібних, личинок комах. Переважають зарості занурених рослин, які розповсюджені на значних площах акваторії.

III клас якості води — забруднена (колір на картах якості води жовтий). У таких водах значно збільшений вміст біогенних елементів, органічної речовини, внаслідок чого різко зростає біопродуктивність водойми. Наслідком цього є виникнення такого явища, як «цвітіння» води за рахунок масового розвитку мікроскопічних водоростей, насамперед, синьо-зелених. Загальна чисельність видів рослин та тварин зменшується, але збільшується кількість видів, які витримують забруднення водного середовища. Серед донних безхребетних характерними є різноманітні ракоподібні, волохокрильці, трапляються водні клопи, жуки, п'явки, багато легеневих молюсків.

IV клас якості води — брудна (колір на картах якості води оранжевий). До цього класу належать дуже замулені водойми з поганим кисневим режимом, частими явищами задухи та низькою прозорістю води. Біо різноманіття водних організмів тут невисоке, лише деякі види макрофіти здатні витримувати несприятливі екологічні умови; проте ті з них, які можуть тут існувати, досягають значної чисельності та біомаси. Зрослий значного розвитку набувають ряски, кушир, серед донних безхребетних — личинки комарів-дзвінців та малоцетинкові черви (олігохети).

V клас якості води — дуже брудна (колір на картах якості води червоний). Визначається у водоймах, де концентрація розчиненого кисню вкрай низька (менше 10%), а в донних відкладах міститься сірководень. Водні рослини та донні макробезхребетні зазвичай відсутні або трапляються дуже рідко. Види-біоіндикатори Мешканці водойм різним чином реагують на забруднення. Реакція може полягати у наявності чи відсутності виду, значеннях чисельності особин окремого виду тощо. Існує група дуже чутливих організмів, які у разі забруднення водойми першими зникають зі складу її населення. Це індикатори чистої води. Діаметрально протилежною є група видів, які пристосовані дожиття в дуже забруднених водоймах. Вони не тільки почувують там себе цілком комфортно, але і не можуть жити у чистій воді. Це витривалі види — індикатори значного забруднення. Поміж цими «екстремалами» знаходиться група помірно чутливих організмів. Цікавим є той факт, що кількість видів першої і другої груп незначна, тоді як помірно чутливих видів набагато більше. Види, які використовують з метою оцінки якості води, називають біоіндикаторами.

Біоіндикатори — це живі організми, які реагують на комплекс чинників навколишнього середовища своєю наявністю або відсутністю, зміною зовнішнього вигляду, хімічним складом, поведінкою, ступенем розвитку. Для біоіндикації якості середовища обирають ті види, що мають відносно вузьку «спеціалізацію», тобто живуть у досить неширокому діапазоні умов середовища. У разі організації та проведення екологічного моніторингу стану водойми використання біоіндикаторів в зазвичай дає ціннішу інформацію, ніж оцінка забруднення хімічним методом або спеціальними приладами, які визначають лише окремі чинники забруднення. Натомість, види-біоіндикатори реагують на комплекс речовин-забруднювачів і в або загальні зміни зовнішніх умов. Кожну групу організмів можна використовувати в якості біоіндикаторів стану середовища, однак екологам-початківцям дуже важливо, аби метод був відносно малозатратним, швидким і не вимагав значної наукової підготовки. У цього випадку найбільш розробленою є методика оцінки якості води за допомогою складу макрозообентосу.

В наш час відбувається активне вивчення можливостей використання як біоіндикаторів видів макрофітів, риб, а також мікроскопічних мешканців товщі води — фітопланктону та зоопланктону. Найточніші результати біоіндикації водойм дає вивчення організмів, які у разі змін комплексу умов середовища не здатні швидко і назавсім покинути біотоп. До таких належать, насамперед, вкорінені водні рослини — макрофіти, а також тварини-мешканці дна водойми — макрозообентос. Це досить великі організми, які можна легко зібрати у водоймі й визначити до певного таксономічного рівня без збільшувальних приладів та спеціальної підготовки.

Особливості біоіндикації за макрофітами

Розробка оцінки екологічного стану водойм за водними макрофітами була розпочата відносно недавно. **Водні макрофіти** — це збірна група, яка поєднує великі рослини (видимі неозброєним оком), що належать до різних систематичних груп, але існування яких тісно пов'язане з водою. До них належать багатоклітинні водорості, мохи, папороті та квіткові рослини, що здатні рости в умовах водного середовища або надлишкового зволоження (мешкають як безпосередньо у воді, так і в прибережній зоні). Використання цих рослин, а також їхніх угруповань як індикаторів екологічного стану водойм видається надзвичайно привабливим, адже макрофіти — видимий і зручний для спостережень об'єкт, який відносно легко можна визначити навіть у польових умовах. Крім того, рослинний покрив пластичний і чутливий до змін навколишнього середовища, відображає гідрологічний режим водойми, її трофічний статус, стадію розвитку, специфіку хімізму води тощо. Навіть попереднє обстеження рослинності водойми дозволяє зробити експрес-оцінку її екологічного стану.

Серед усього різноманіття водних рослин існують види, які не витримують найменшого забруднення та можуть жити лише у чистих водах. Проте більшість видів макрофітів є толерантні до різних видів забруднень і можуть накопичувати у своїх тканинах високі концентрації забруднюючих речовин. Деякі з них здатні не тільки існувати у забруднених водах, а й витримувати високі концентрації різноманітних токсикантів. На цих особливостях макрофітів ґрунтується їхнє використання як природних біофільтрів. На сучасних очисних спорудах на одному з етапів очищення промислові та побутові стоки проходять через спеціально створені «біологічні плато» — зарості макрофітів (переважно, угруповання очерету, рогозу, лепешняку), де й відбувається значне очищення води від забруднення: мінералізація і детоксикація пестицидів і нафтопродуктів, зниження концентрацій важких металів, біогенних елементів, радіонуклідів, затримка великої кількості твердих завислих речовин, що їх містять стоки. Саме тому якість води, що пройшла крізь зарості макрофітів, значно поліпшується. Внаслідок такої природної диференціації водні рослини та їхні угруповання мають індикаторні властивості.

Проте методами такої візуальної біоіндикації за макрофітами все ж неможливо визначити специфічні речовини, якими була забруднена водойма (наприклад, важкими 'Толерантність — здатність організмів витримувати несприятливий вплив того чи іншого фактору навколишнього середовища. Організми з широким діапазоном толерантності, зазвичай, найрозповсюдженіші і найменш чутливі до забруднення металами, пестицидами, нафтопродуктами тощо), оскільки видовий склад макрофітів чи структурні особливості їхніх угруповань є інтегральною відповіддю надію комплексу зовнішніх чинників водного середовища. Для визначення виду забруднювача необхідно проведення у спеціалізованих лабораторіях складних та вартісних аналізів. Добираючи групу організмів, за якою буде проводитися біоіндикація, слід пам'ятати, що водним макрофітам властива певна консервативність щодо короточасних змін середовища. Зміни видового складу та інших структурних показників заростей макрофітів відбуваються протягом певного проміжку часу (2-3 роки). Швидше реагують на зміни довкілля угруповання фітопланктону чи зоопланктону, яким притаманний короткий життєвий цикл.

Угруповання макрофітів складаються, переважно, з багаторічних рослин, що є стабільнішими, більш пристосованими та витривалішими до змін середовища, тому вони менше реагують на короточасні трансформації стану водойми. Індикація за макрофітами має певні обмеження і можлива, коли у водоймі складаються умови, сприятливі для розвитку водних рослин, а саме: помірна швидкість течії, наявність захищених від вітру та хвиль мілководь, придатні для росту та закріплення рослин донні відкладення тощо. Зазначимо, що у гірських річках

макрофіти трапляються зрідка через швидку течію, кам'янисте дно, у якому рослини не можуть вкоренитися. Перешкоджає цьому і щорічне переформування русла під час повеней та паводків, коли річка несе величезну кількість каміння, гальки, бруду, що нищить усе на своєму шляху.

Гарні результати біоіндикації за макрофітами можна отримати у разі вивчення водної рослинності озера чи ставка з добре розвинутою мілководною зоною (ділянки водойми глибиною до 2 м), або жсередніхта мал их за розмірами рівнинних річок, що вирізняються повільною течією та невеликими глибинами. Біоіндикація екологічного стану водойми за макрофітами здійснюється шляхом оцінки: — видового складу макрофітів; — ступеня розвитку окремих видів або угруповань макрофітів (проективне покриття — ПП*); — наявності окремих видів-індикаторів та індикаторних груп; — просторового розподілу заростей на водоймі.

Завдання.

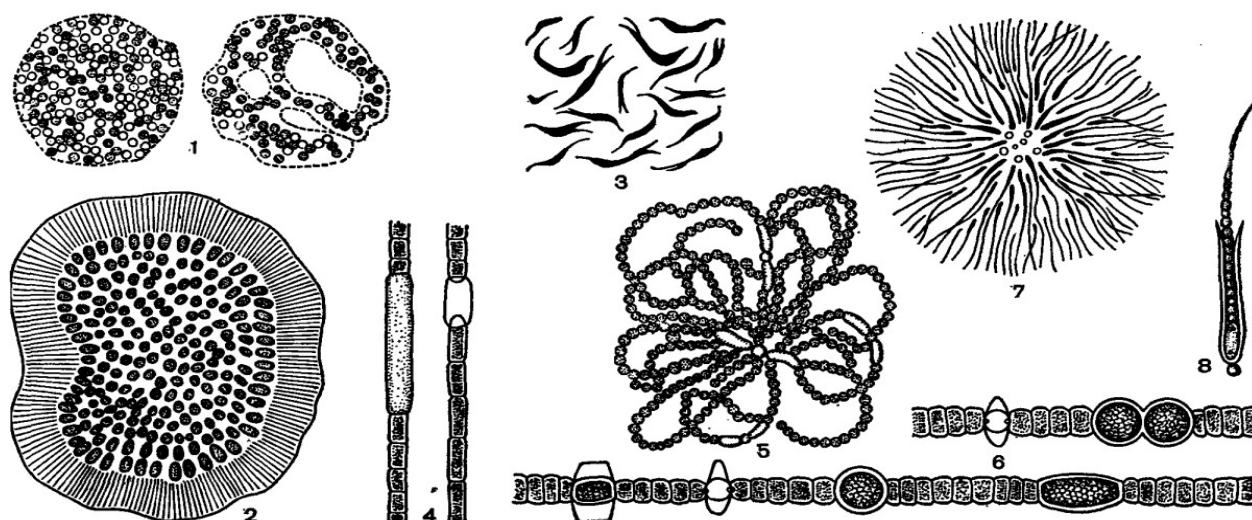
1. Отримати у викладача завдання на картці.
2. Дати назву кожній рослині, вказаній у завданні номером, використовуючи каталоги-визначники.
3. Виділити рослини-індикатори різного ступеня забруднення водойм.
4. Розрахувати загальний сумарний рівень забруднення водоймища (див. приклад – таблиця 6.1).
5. Привести у звіті назви всіх рослин, вказати індикаторні види водойм різного ступеня забрудненості, навести розрахунок загального сумарного ступеня забруднення.

Таблиця 6.1 - Приклад обчислення загального сумарного ступеня забруднення

Проба: верхній став. Дата _____ Сопівтовариство:			
рослинне			
Вид	Степінь забруднення (1)	Частота зустрічаємості (2)	(1)x(2)=(3)
<i>Utricularia minor</i>	1	1	1
<i>U. australis</i>	2	1	2
<i>Myriophyllum spicatum</i>	2	3	6
<i>M. verticillatum</i>	3	2	6
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	3	2	6
<i>Elodea canadensis</i>	4	7	28
<i>P. crispus</i>	4	7	28

Проба: верхній став. Дата _____		Сопівтовариство: _____	
рослинне			
Вид	Степінь забруднення (1)	Частота зустрічаємості (2)	(1)x(2)=(3)
<i>P. pectinatus</i>	4	3	12
<i>Ranunculus circinatus</i>	4	3	12
<i>P. nodosus</i>	5	2	10
		∑(2) = 31	∑(3) = 111

Загальний сумарний ступінь забруднення $\Sigma (3) : \Sigma (2) = 3,6$, що відповідає проміжному ступеню забруднення водойми між помірним та сильним.



1 – дві колонії мікроцистису (*Microcystis aeruginosa*), утворені безструктурним слизом; 2 – колонія вороніхінії (*Woronichinia naegeliana*) із штрихуватим зовнішнім слизом; 3, 4 – афанізоменон (*Aphanizomenon flos-aquae*) (3 – лусочки з ниток у натуральну величину, 4 – ділянки ниток при великому збільшенні); 5 – зібрані в клубочок нитки анабени (*Anabaena lemmermannii*); 6 – плаваючі окремі нитки анабени (*Anabaena scheremetievii*); 7, 8 - колонія та окрема нитка глеотрихії (*Gloeotrichia echinulata*) при різних збільшеннях. Газові вакуолі під мікроскопом здаються чорними.

Рис. 6.1 - Планктонні синьо-зелені водорості з газовими вакуолями в клітинах, що спричиняють цвітіння води.

Elodea



Cladophora



Potamogeton crispus



Питання для самоперевірки

1. Що таке токсичні речовини?
2. Як відбувається накопичення та розподіл токсичних речовин у різних середовищах?
3. Назвіть групи організмів водної рослинності, що використовуються як біоіндикатори забруднення водойм.
4. Перерахуйте їх переваги та недоліки.
5. Назвіть характеристики стану поверхневих вод щодо їх забруднення.
6. Що таке ключ до визначення ступеня забруднення поверхневих вод з індикаторних видів рослин?
7. Дайте характеристику його застосування.

Практична робота №7
ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ У ПРІСНОВОДНІЙ ВОДОЙМІ
ЗА ВИДОВОЮ РІЗНОМАНІТНІСТЮ ЗООБЕНТОСУ

Мета роботи: Визначити ступінь забруднення водоймища за видовою різноманітністю зообентосу.

Матеріали та обладнання: музейні експонати зообентосу; визначники-каталоги макрозообентосу.

Теоретичні питання.

Організми зообентосу займають у водоймі два основних біотопи: ґрунт (поверхня й товща) і рослинність. Рухливі організми можуть відриватися від поверхні субстрату й плавати у воді, займаючи третій біотоп - водну товщу в межах придонного шару або водного простору в заростях макрофітів.

Зообентос внутрішніх водойм умовно ділять на три групи:

- 1) макробентос - більше 2-3 мм;
- 2) мезобентос - 0,5-3 мм;
- 3) мікробентос - менше 0,5 мм.

У макробентос попадають великі організми, наприклад, двостулкові молюски, личинки хірономід останніх віків, статевозрілі особини олігохет.

За макрозообентосом визначаються такі показники: загальне число організмів; загальне число видів; загальна біомаса; кількість груп по стандартному розбору; чисельність основних груп; біомаса основних груп; число видів у групі; масові види й види-індикатори сапробності. Мезобентос поєднує тварин, які з ростом переходять до складу 101 макрофауни, а також розміри яких і в дорослому стані не перевищують 2 мм.

Мікробентос включає дрібні організми, представлені головним чином найпростішими, коловертками, турбеляр'ями й гастротріхами. Оцінка якості вод по показниках зообентосу проводиться за багатьма методиками. Найпоширенішим є метод біотичних індексів, у якому об'єднані принцип індикаторного значення окремих таксонів і принцип зміни розмаїтості фауни в умовах забруднення. У робочій шкалі біотичного індексу (табл. 7.1) використовується найбільш часто зустрічаєма послідовність зникнення тварин у міру збільшення забруднення. Для врахування різноманітності фауни запропоновано умовне поняття «група» тварин, під яким для одних тварин розуміються окремі види, для інших груп, що важко визначаються, більш великі таксони. За сумою «груп» і якісним складом тварин визначаються значення біотичного індексу.

Таблиця 7.1 - Робоча шкала для визначення біотичного індексу

Показові організми	Видове розмаїття	Біотичний індекс за наявністю загального числа «груп»				
		0-1	2-5	6-10	11-15	≥16
Личинки веснянок	Більше одного виду	–	7	8	9	10
	Тільки один вид	–	6	7	8	9
Личинки одноденок (викл. <i>Baëtis rodani</i>)	Більше одного виду	–	6	7	8	9
	Тільки один вид	–	5	6	7	8
Личинки ручейников (вкл. <i>Baëtis rodani</i>)	Більше одного виду	–	5	6	7	8
	Тільки один вид	–	4	5	6	7
Гамаруси	Всі вищеназвані види відсутні	3	4	5	6	7
Водяний ослик	Те ж	2	3	4	5	6
Тубіфіциди і (або) (червоні) личинки хірономід	Те ж	1	2	3	4	–
Всі вищеназвані групи відсутні	Можуть бути присутні деякі види, невимогливі до кисню	0	1	2	–	–

Робота зі шкалою починається з визначення позиції в першій графі при русі зверху вниз у міру відсутності в розглядуваній пробі показових організмів. Потім ураховується видова розмаїтість у показовій групі (друга графа). Після цього за сумою «груп» в останній графі «біотичний індекс...» перебуває стовпець із відповідним числом «груп» у пробі та у цьому стовпці на перетині з лінією показової групи визначається значення біотичного індексу.

Далі по табл. 7.2 оцінюється стан водного середовища й донних відкладів.

Таблиця 7.2 - Оцінка стану водного середовища за методикою Гуднайта і Уїтлея

Стан річки	Добрий	Сумнівний	Сильно забруднений
Олігохети, % від загального числа донних організмів	<60	60 – 80	>80

Для гідробіологічного контролю якості вод використовують також біоіндикатори великих таксонів. Методика Гуднайта й Уїтлея (табл. 7.2) побудована на оцінці стану придонного шару води і донних відкладів по відносній чисельності олігохет (малощетинкових черв'яків). Відносна чисельність олігохет, як і біотичний індекс, використовується в класифікаторі якості вод.

Існують методики оцінки стану водотоків, засновані на обліку відносної чисельності олігохет і тубіфіцид, а також личинок хірономід, ортокладин і таніподин. Поряд з викладеними методиками при визначенні якості вод по організмах зообентосу у деяких випадках використовують метод індикаторних організмів, оснований на системі сапробності. Індекс сапробності можна розрахувати по одній якій-небудь групі організмів, що домінують при даних екологічних умовах.

При дослідженні макрозообентосу річок дається коротка характеристика методів відбору проб макроскопічного зообентосу, а також ролі макрозообентосу в живленні риб. Аналізуються вихідні дані на предмет видової представленості та чисельності макрозообентосу річки. Результати подаються у вигляді таблиць 1, 2, колової діаграми „Структура донного зооценозу річки” та графіку „Динаміка біомаси макрозообентосу за течією річки”.

Розрахунок індексу 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, одnodенок, ручейників, тубіфіцид та частота їх зустрічаємості в пробах.

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

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

$$I_c = X_1/n \quad (7.1)$$

де; X_1 - значення біотичних індексів індикаторних організмів;

n - кількість виявлених індикаторних організмів.

Величина біотичного індексу залежить від кількості виявлених груп, тобто видової різноманітності і складу населення.

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

Таблиця 7.3 - Видова представленість макрозообентосу річки

Ряд(підвид)		Клас (ТИП)		%відзаг. кількості видів
Латинська назва	Українськ а назва	Латинська назва	Українська назва	
Всього				100

Розраховавши індекс Вудівісса, необхідно співставити його з індексами сапробності Пантле і Букказафіто- та зоопланктоном та екологічним індексом Іе.

Таблиця 7.4 -Чисельність n (тис.екз /м³) та біомаса b (г/м²) макрозообентосу річки

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

Таблиця 7.5 - Робоча шкала оцінки біотичного індексу Вудівісса

Назва організмів	Видова різноманітність	Біотичні індекси за наявністю загального числа груп				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16
Личинки веснянок	Більше 1 виду	-	7	8	9	10
	Тільки 1 вид		6	7	8	9
Личинки одnodенок	Більше 1 виду	-	6	7	8	9
	Тільки 1 вид		5	6	7	8
Личинки ручейників	Більше 1 виду	-4	5	6	7	8
	Тільки 1 вид		4	5	6	7
Бокоплав	Більше 1 виду	3	4	5	6	7
	Тільки 1 вид					
Водяніослики	Більше 1 виду	2	3	4	5	6
	Тільки 1 вид					
Тубіфіциди, личинки могиля	Більше 1 виду	1	2	3	4	-
	Тільки 1 вид					
Всі вуиди відсутні	Більше 1 виду	0	1	2	2	-
	Тільки 1 вид					

Завдання.

1. Отримати у викладача завдання на картках.
2. Визначити представників зообентосу, зазначених цифрами, за «музейними» експонатами до класу, сімейства чи виду.
3. Визначити загальну кількість присутніх груп та біотичний індекс водойми (таблиця 7.6).
4. Зробити висновок якості води у водоймі за таблицею 7.7.

Таблиця 7.6 - Робоча шкала для визначення біотичного індексу

Організми	Видове різноманіття	Загальна кількість присутніх груп бентосних організмів					
		0 – 1	2 – 5	6 – 10	11 – 15	16 – 20	> 20
Личинки веснянок (<i>Plecoptera</i>)	Більше 1	–	7	8	9	10	11
	1 вид	–	6	7	8	9	10
Личинки поденок (<i>Ephemeroptera</i>)	Більше 1	–	6	7	8	9	10
	1 вид	–	5	6	7	8	9
Личинки ручейників (<i>Trichoptera</i>)	Більше 1	–4	5	6	7	8	9
	1 вид		4	5	6	7	8
Бокоплав (<i>Gammarus</i>)		3	4	5	6	7	8
Водяний віслик (<i>Asellus aquaticus</i>)		2	3	4	5	6	7
Олігохети (<i>Tubificidae</i>) або личинки дзвінків (<i>Chironomidae</i>)		1	2	3	4	5	6
Відсутні всі наведені вище групи		0	1	2	–	–	–

Таблиця 7.7 - Класифікація якості води за біологічними показниками

Клас якості води	Степінь забруднення	Біотичний індекс
1	Дуже чиста	10
2	Чиста	8 – 9
3	Помірно забруднена	6 – 7
4	Забруднена	5
5	Брудна	3 – 4
6	Дуже брудна	0 – 2

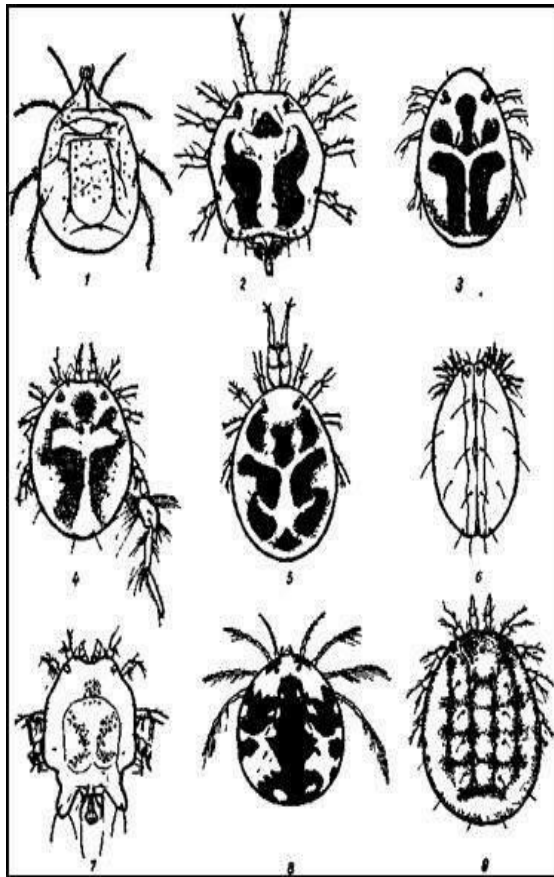


Рис. 7.1. Водні кліщі, гідракарини

1 — *Limnochares aquatica* яскраво-червоного кольору, веде придонний спосіб життя, повзаючи по водних рослинах, плавати не може; 2 — *Hydrochoreutes unguulatus* самець — жовтого кольору з темною печінкою, що просвічує, має дуже довгі плавальні ноги, на малюнку не показані, мешканець великих водойм — озер, ставків; 3- *Piona podata* — червоно-коричневого забарвлення, що зустрічається у великих водоймах; 4 -

Asercus torris самець - жовто-коричневого кольору, на ногах у самців особливі потовщення, що відіграють роль при копуляції, зустрічається в дрібних калюжах; 5— *Limnesia undulata* самка — жовтого, зрідка червоного кольору з чорною печінкою, що просвічує, мешканець дрібних вод; 6 — *Frontipoda musculus* самка — зеленого, рідше жовтого або червоного кольору, з короткими плавальними ногами, що сидять пучком біля рота, мешкає в сильно зарослих водоймах; 7 — *Arrhenurus neumani* — червоного, рідко зеленого кольору з характерним для самців цього роду заднім придатком тіла; 8 — *Hydrarachna geographica* — яскраво-червоного кольору з чорними плямами, має короткі плавальні ніжки, зустрічається у ставках та калюжах, особливо навесні (довжина 8 мм — «королева» гідрокарин); 9 — *Hydryphantes ruber* самка — яскраво-червоного кольору, зустрічається у дрібних водоймах, канавах, калюжах, переважно навесні.

Павук-серебрянка



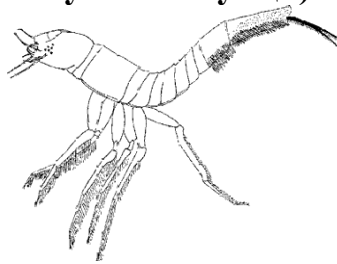
**Отр. Hemiptera
(клопы)**



**Личинка поденки
(отр. Ephemeroptera)**



Insecta (личинка жука-плавунца)



**Сем. Gyridae
(вертячки)**



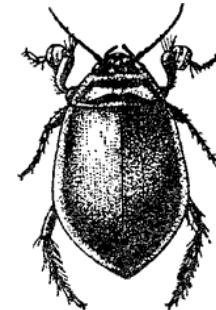
**Личинка стрекозы
(отр. Odonata)**



Отр. Coleoptera (жуки)



Сем. Dytiscidae(плавунцы)



**Личинка комарасем.
Chaoboridae(p. Chaoborus)**



Питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте метод Вудівіса, основні засади.
2. Як відбувається відбір проб для аналізу методом Вудівіса?
3. Які «групи» зообентосу використовують для розрахунку індексу Вудівіса.
4. Охарактеризуйте визначення біотичного індексу.
5. Дайте характеристику класифікації якості води за біологічними показниками.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Бургаз М.І. Біологічний моніторинг водного середовища: Конспект лекцій. – Одеса, ОДЕКУ, 2019. – 69 с.
2. Клименко О.М. Моніторинг довкілля: Підручник/ О.М.Клименко, А.М.Прищепа, Н.М.Вознюк. – К. : Академія, 2006. – 360 с.
3. Чухрій Ю.П. Біоіндикація. Біотестування. Біомоніторинг: Конспект лекцій.: Одеса: ОНАХТ, 2014. – 41 с.

Додаткова

4. Горова А.І. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / А.І. Горова, А.В. Павличенко, О.О. Борисовська, В.Ю. Грунтова, О.В. Деменко; . Д.: Національний гірничий університет, 2014. – 76 с.
5. Виноградов К.П., Сакун Ю.В., Белоусова К.М., Гончаров Г.Л., Шабанов Д.А. Вивчення флуктуючої асиметрії річкового окуня (*Perca fluviatilis* L., 1758) Зб. наук. праць Харківського нац. педагог. ун-ту ім. Г.С. Сковороди Біологія та валеологія. - 2012, Вип. 14. С. 9-17.
6. Гавриков Д. Е. Асимметрия билатеральных признаков позвоночных животных // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН, 2007. -№2. - С. 26-28.

Навчальне електронне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для лабораторно-практичних занять з навчальної дисципліни
«БІОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА»
для студентів IV-V років навчання денної та заочної форм навчання
РВО «бакалавр»

Спеціальність: 207 Водні біоресурси та аквакультура
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів»

Укладач: канд.біол.наук, доц., Бургаз Марина Іванівна

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15
