

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА
Природничий факультет
Кафедра екології та географії

ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Обов'язкової освітньої компоненти

**Гідрологія з основами гідроекології
для підготовки здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
галузі знань: 10 Природничі науки
спеціальності: 101 Екологія
за освітньо-професійною програмою: Екологія**

Укладачі:

к.б.н. доц. Василенко Ольга

к.б.н. доц. Онищук Ірина

**Житомир
2024**

УДК 504:556:574.5

I-72

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного університету імені Івана Франка
(протокол №11 від 25 червня 2024 р.)*

Рецензенти:

Микола Світельський – к.с-г.н, доцент, завідувач кафедри біоресурсів, аквакультури та природничих наук Поліського національного університету

Ірина Першко – к.б.н, доцент, завідувач циклової комісії медико-біологічних дисциплін Житомирського фахового фармацевтичного фахового коледжу Житомирської обласної ради.

Олександр Гарбар – д.б.н., професор, завідувач кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Гідрологія з основами гідроекології» для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 Екологія / О. Василенко, І. Онищук – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. – 62 с.

Збірник містить інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять обов'язкової освітньої компоненти «Гідрологія з основами гідроекології». Призначений для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 Екологія

УДК 504:556:574.5

© Василенко О.М., 2024

© Онищук І. П., 2024

© Житомирський державний
університет імені Івана
Франка, 2024

Зміст

Вступ	5
Критерії оцінювання	6
Лабораторна робота 1. Ознайомлення із структурою гідрологічної науки та водних об'єктів. Водні об'єкти Житомирщини.	7
Лабораторна робота 2. Визначення фізико-географічних та морфометричних характеристик річкової мережі	9
Лабораторна робота 3. Визначення морфометричних характеристик річкового басейна	12
Лабораторна робота 4. Побудова профілю поперечного перерізу русла річки та обчислення його основних морфометричних характеристик	15
Лабораторна робота 5. Визначення основних морфометричних характеристик озера	17
Лабораторна робота 6. Вивчення особливостей температурного, термічного і льодового режиму водних об'єктів	18
Лабораторна робота 7. Водні ресурси та водний баланс території України (Центрального Полісся)	20
Лабораторна робота 8. Екологічна зональність Світового океану та континентальних водойм	23
Лабораторна робота 9. Методи визначення біомаси фітопланктону	24
Лабораторна робота 10. Складний метод визначення первинної продукції і деструкції органічної речовини	25
Лабораторна робота 11. Визначення зон сапробності та індикаторні організми сапробності	28
Лабораторна робота 12. Вивчення методів розрахунку індексу сапробності	33
Лабораторна робота 13. Розчинений Оксиген як показник екологічного стану водойм	38
Лабораторна робота 14. Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями	41

Лабораторна робота 15. Біологічні компоненти водних екосистем – водорості	
Лабораторна робота 16. Біологічні компоненти водних екосистем – вищі водні рослини	53
Лабораторна робота 17. . Біологічні компоненти водних екосистем – тварини	54
Лабораторна робота 18. Біотестування токсичності водного середовища за реакцією гідробіонтів	55
Лабораторна робота 19. Ставкова аквакультура та розрахунок рибної продукції	58
Список використаних джерел	62

ВСТУП

Лабораторні з гідрології та гідроекології є важливим компонентом навчального процесу у галузі природничих наук. Вони дають студентам можливість набути практичних навичок у вимірюванні та аналізі гідрологічних та гідроекологічних параметрів.

Метою лабораторних з гідрології та гідроекології є:

- Надати студентам практичні навички в вимірюванні та аналізі гідрологічних та гідроекологічних параметрів.
- Розвивати у студентів критичне мислення та здатність аналізувати дані.
- Формувати у студентів розуміння гідрологічних та гідроекологічних процесів.

Для успішного виконання лабораторних робіт з гідрології та гідроекології студентам необхідно мати такі навички:

- Уміння безпечно працювати з лабораторним обладнанням.
- Уміння виконувати вимірювання з необхідною точністю.
- Уміння інтерпретувати отримані результати.

Лабораторні з гідрології та гідроекології є важливим компонентом навчального процесу у галузі природничих наук. Вони дають студентам можливість набути практичних навичок у вимірюванні та аналізі гідрологічних та гідроекологічних параметрів.

Критерії оцінювання

Критерії оцінювання лабораторних робіт з гідрології та гідроекології зазвичай включають такі аспекти:

Точність вимірювань: студенти повинні виконувати вимірювання з необхідною точністю, відповідно до вимог інструкцій до лабораторної роботи.

Акуратність виконання роботи: студенти повинні виконувати роботу акуратно, дотримуючись правил безпеки та бути уважними до деталей.

Якість оформлення звіту: звіт про лабораторну роботу повинен бути оформлений акуратно та грамотно, зі всіма необхідними розрахунками та висновками.

Розуміння теоретичних основ: студенти повинні показати розуміння теоретичних основ, на яких базується лабораторна робота.

Критерії оцінювання

№ заняття:	Вид роботи:								Сумарна кількість балів
	ТП	ДЕ	ПР	РЗ	ОЗ	ТЗ	ІНДЗ	...	
1	70		30						100
2	50		50						100
3	50		20		30				100
4	50					50			100
5	50		20		30				100
6	50					50			100
7	50		20		30				100
8	50		20		30				100
9	30		50		20				100
10			50	30	20				100
11			50	30	20				100
12			50	30	20				100
13	20		30		50				100
14	100		50						100
15	50		50						100
16	50		50						100
17	50		50						100
18	50		50						100
19	50		50						100

1. ТП – відповідь на теоретичні питання;
2. ДЕ – демонстраційний експеримент;
3. ПР – практична робота;
4. РЗ – розв'язок задач;
5. ОЗ – оформлення заняття;
6. ТЗ – тестові завдання;
7. ІНДЗ – індивідуальні завдання;

- вид роботи, який не передбачений на занятті.

Лабораторна робота 1

Тема: Ознайомлення із структурою гідрологічної науки та водних об'єктів. Водні об'єкти Житомирщини.

Мета: навчитися визначати поняття гідросфери, гідрології, водних об'єктів, гідрологічних характеристик та гідрологічного режиму.

Хід роботи

Завдання 1. Вивчити структуру гідрологічної науки. Скласти таблицю 1, у якій зазначити характеристики основних підрозділів гідрології (прикладі заповнення наведено для такої науки як загальна гідрологія).

Таблиця 1

Характеристика гідрологічної науки

Дисципліни та розділи гідрології	Об'єкти і предмети вивчення	Зв'язок з іншими науками
Загальна гідрологія	Розподіл та кругообіг води на Землі, окремі частини гідросфери, взаємозв'язок між ними, найбільш загальні закономірності гідрологічних процесів і явищ, що в них відбуваються	Фізична географія, ґрунтознавство, геоморфологія, геологія, біологія, метеорологія, кліматологія, картографія, фізика, хімія
Гідрологія суші		
Гідрологія річок (потамологія)		
Гідрологія озер (лімнологія)		
Гідрологія боліт		
Гідрологія льодовиків (гляціологія)		
Гідрологія водосховищ		
Гідрологія морських гирл річок		
Гідрологія моря (фізична океанологія)		
Океанологія		
Океанографія		
Повітряна гідрологія (гідроаерологія)		
Регіональна гідрологія (гідрографія)		

Прикладна гідрологія (інженерна)		
Гідроекологія		
Гідрологічне прогнозування		
Гідрометрія		
Гідрографія		
Гідрохімія		
Гідрофізика		
Гідромеханіка		
Гідробіологія		

Завдання 2. Вивчити та представити у табличній формі види та визначення водних об'єктів. Результати оформити у вигляді табл. 2.

Таблиця 2

Види водних об'єктів

Види водних об'єктів	Визначення	Найбільші об'єкти (перша п'ятірка)
Водотоки	Водні об'єкти на земній поверхні з поступальним рухом води в руслах у бік похилу	
Річка		
Струмок		
Канал		
Водойми		
Океан		
Море		
Озеро		
Водосховище		
Болото		
Особливі водні об'єкти		
Водоносний горизонт		
Артезіанський басейн		
Гідрографічна мережа		

Завдання 3. Вивчити та представити у табличній формі види та визначення водних об'єктів. Результати оформити у вигляді табл. 3.

Таблиця 3

Водні об'єкти Житомирщини

Тип водних об'єктів	Назва	Довжина (км)	Площа басейну (км ²)	Значення
---------------------	-------	--------------	----------------------------------	----------

Річки	Тетерів	316	10400	
Озера				
Болота				

Контрольні запитання

1. Які основні об'єкти дослідження загальної гідрології?
2. Які гідрологічні характеристики річок?
3. Які фактори впливають на гідрологічний режим річок?
4. Які основні річки Житомирської області?
5. Який гідрологічний режим Дніпра на території Житомирської області?
6. Які види забруднення вод поширені у Житомирській області?
7. Які заходи вживаються для охорони водних ресурсів Житомирської області?

Лабораторна робота 2

Тема: Визначення фізико-географічних та морфометричних характеристик річкової мережі

Мета: Ознайомитись з основними фізико-географічними та морфометричними характеристиками річкової мережі; навчитися визначати ці характеристики за картографічними матеріалами; опрацювати та інтерпретувати результати досліджень.

Хід роботи

Завдання 1. Визначити морфометричні характеристики річкової мережі, до яких відносяться:

1. Довжина річки, L_p – відстань від витoku до гирла, що вимірюється по фарватеру (лінія найбільших глибин), або за лінією, яка проходить по середині річки – на рівній відстані між двома берегами.

Вимірювання довжини річки проводять курвіметром або циркулем-вимірювачем по усіх меандрах річки. Потрібно за масштабом карти визначити кількість кілометрів (сантиметрів), які відповідають одному кроку циркуля, а потім кількість кроків помножити на довжину одного кроку циркуля-вимірювача за масштабом:

$$L_p = l_n n, \text{ (м, км)}$$

де, l_n – довжина одного кроку циркуля-вимірювача.

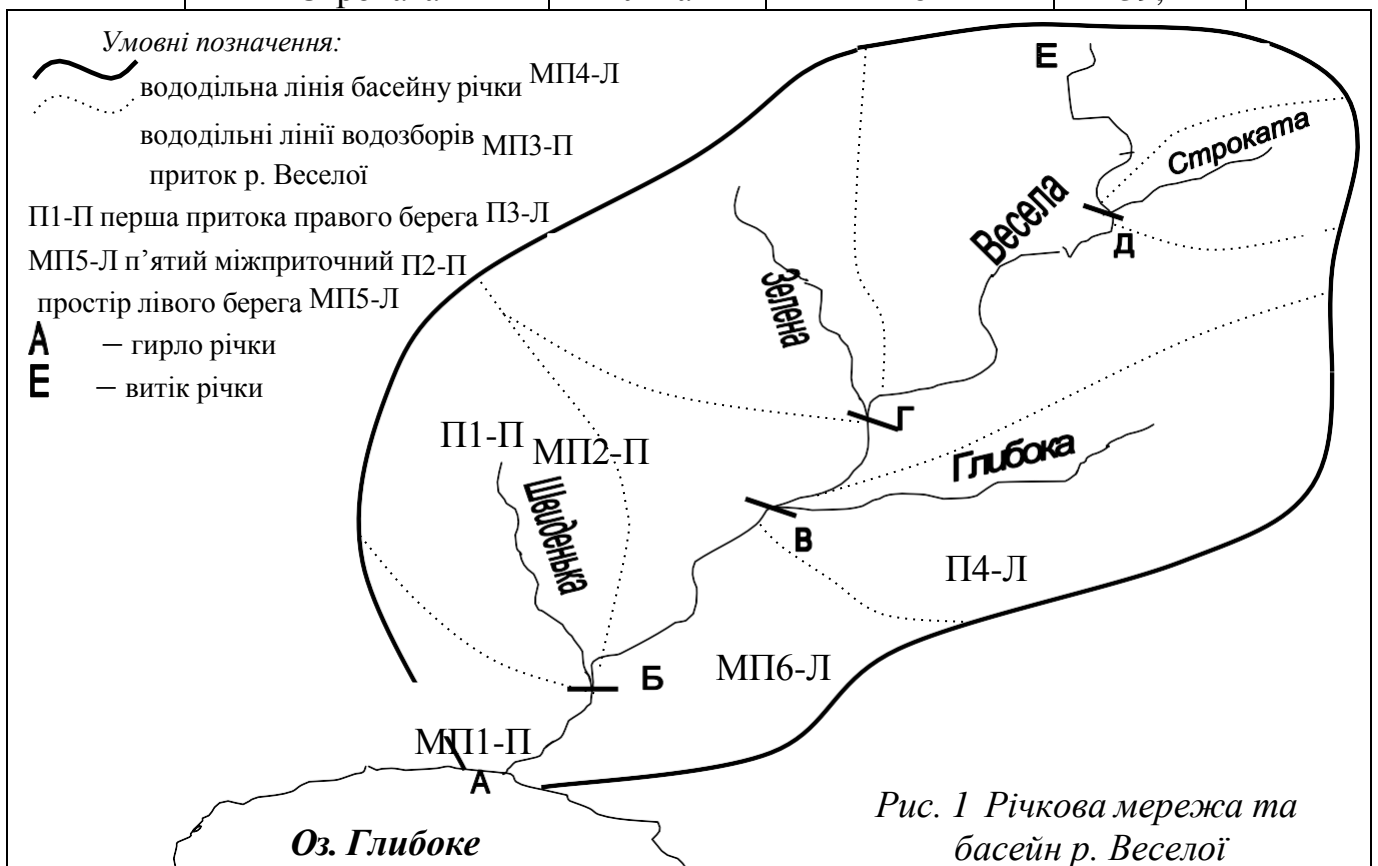
n – кількість кроків циркуля-вимірювача.

2. Сумарна довжина всіх водотоків, ΣL , км – це довжина як головної річки, так і її правих та лівих приток. Завдання виконується аналогічно попередньому та оформляється у вигляді табл. 1. Виділення приток та основних морфометричних елементів річки можна побачити на рис. 1.

Відомість вимірювання довжин приток р. Веселої

Таблиця 1

Назва притоки	З якого берега впадає	Кількість кроків циркуля-вимірювача	Довжина притоки, км
Швиденька	Права	7	15,4
Глибока	Ліва	8	17,3
Зелена	Права	10	21,7
Строката	Ліва	16	39,4



3. Коефіцієнт звивистості річки, $K_{зв}$ – це відношення вимірної по всіх звивинах довжини річки до довжини прямої від витoku до гирла річки:

$$K_{зв} = L/l,$$

де, L – довжина річки з усіма звивинами,

l – довжина прямої від витoku до гирла.

4. Коефіцієнт розгалуженості ріки ($K_{рзг}$) – відношення довжини всіх рукавів і приток ріки до її довжини:

$$K_{рзг} = (\sum l_n + L) / L,$$

де, L – довжина річки,

$\sum l_n$ – довжина всіх приток і рукавів річки.

5. Похил річки, I , м/км (‰) – виражають у відносних одиницях (промилле ‰ або м/км) і обчислюють за формулою (4):

$$I = \frac{H_в H_г}{L_p L_p} = \frac{\Delta H}{L_p}$$

де, $H_в$ і $H_г$ – відмітки висот витoku та гирла,

м;

L_p – довжина річки, км;

ΔH – падіння річки ($H_в - H_г$), м.

6. Густота річкової мережі (ρ) – відношення суми довжин усіх рік басейну (чи іншої території), в тому числі пересихаючі тимчасові водотоки, вираженої в км ($\sum l_n + L$) до площі басейну або території (F), вираженої в квадратних кілометрах.

$$\rho = (\sum l_n + L) / F, \text{ км/км}^2.$$

Завдання 2. Побудувати гідрографічну схему ріки, здійснити кодування порядків водотоків.

Порядок виконання. На горизонтальній лінії в обраному масштабі відкладають загальну довжину основної річки. Її притоки креслять у тому ж масштабі у вигляді прямих ліній, що відходять від головної річки під однаковим кутом (30 – 40) у місцях їх впадіння. Нахил ліній – у бік витoku. На схемі виписують довжину головної річки та приток і їх назви, чи порядковий номер (рис. 2).

Завдання 3. Побудувати повздовжній профіль річки.

Повздовжній профіль річки – це крива, яка показує зміну висоти дна і поверхні ріки від витoku до гирла. Повздовжній профіль ріки характеризує зміну похилів її дна та поверхні води вздовж течії. Похил виражається відношенням різниці позначок висоти (дна чи поверхні води) на початку (H_1) та наприкінці (H_2) досліджуваної ділянки (цю різницю називають падінням) до відстані (l) між початком і кінцем ділянки, тобто:

$$I = (H_1 - H_2) / L_c$$

Для побудови повздовжнього профілю по вертикальній осі відкладають висоту рівня води або дна (м), по горизонтальній – віддаль від витоків до гирла (км).

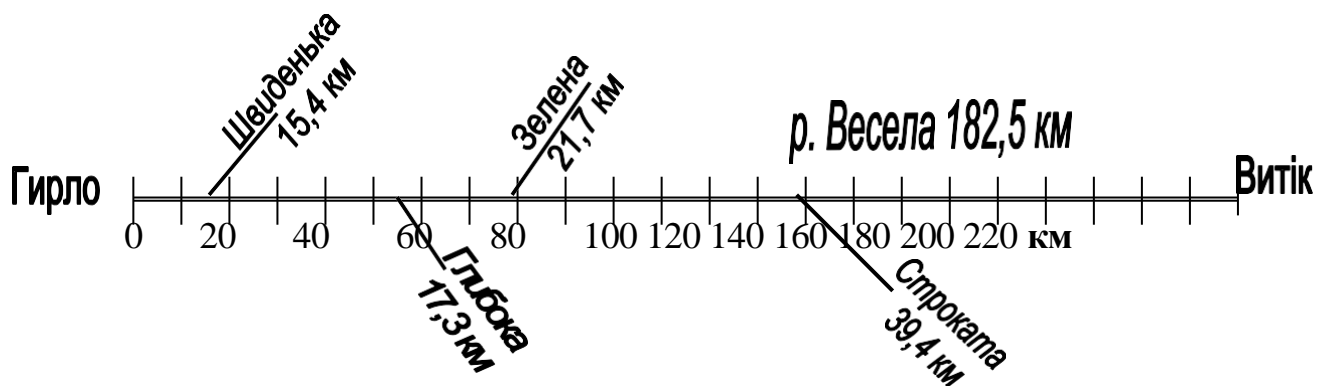


Рис. 2 Гідрографічна схема р. Веселої
Контрольні запитання

1. Які фактори впливають на формування річкової мережі?
2. Які типи річкових систем виділяють за характером живлення?
3. Які типи річкових систем виділяють за характером течії?
4. Які типи річкових систем виділяють за характером стоку?

Лабораторна робота 3

Тема: Визначення морфометричних характеристик річкового басейна

Мета: навчитися визначити морфометричні характеристики річкового басейну.

Хід роботи

Завдання 1. Визначити морфометричні характеристики річкового басейну.

Передусім необхідно визначити вододільну лінію, яка проходить по найвищих відмітках рельєфу, що розмежовують суміжні похили. Обмежена вододільною лінією площа і є *водозбірною площею річки*. При проведенні ліній вододілів враховують бергштрихи (рис. 1 з лаб. роб. № 2).

До морфометричних характеристик річкового басейну відносяться:

1. Площа басейну (водозбору) річки, F , $км^2$, $м^2$ – вимірюють планіметром чи палеткою. При наявності планіметра обводку виділених контурів (водозборів притоків та міжприточних просторів) виконують двічі – при двох положеннях полюса відносно обвідного важеля: полюс-вліво, полюс-вправо.

Палетку використовують при визначенні площ до $500 см^2$ і у випадках,

коли використовуються старі потерті карти і метод планіметрування дає значні похибки. Палетка виготовляється з органічного скла чи з кальки. На палетку наносять сітку квадратів з розмірами 2×2 , 5×5 , 10×10 мм. Ціна поділки квадрату визначається в залежності від масштабу карти. Палетку кладуть на контур і підраховують спочатку кількість повних квадратів, а потім неповних. Площу

території визначають за формулою:

$$F = \left(\Pi + \frac{H}{2} \right) \times a,$$

де, F – вимірювана площа,

Π – кількість повних квадратів палетки в межах вимірюваного контуру,

H – кількість неповних квадратів,

a – ціна поділки палетки (площа квадрата в масштабі карти).

Вимірювання виконують двічі, і якщо розбіжності між загальною кількістю квадратів не перевищують 2%, то за кінцевий результат беруть середнє з двох вимірювань. Якщо розходження перевищує 2%, то вимірювання повторюють.

2. Коефіцієнт асиметрії (a) – відношення різниці між площами басейнів лівобережних (f_l) та правобережних (f_p) приток до площі басейну загалом:

$$a = f_l - f_p / F.$$

3. Довжина басейну (L_b , км, м) – це відстань по прямій від гирла чи замикаючого створу до найвіддаленішої точки на вододільній лінії. При зігнутій формі басейну лінію його довжини проводять через середини поперечників, що претинають площу водозбору перпендикулярно до напрямку головної річки.

4. Середня ширина басейну $B_{сер}$, відношення площі басейну (F) річки до його довжини (L_b):

$$B_{сер} = F / L_b$$

5. Максимальна ширина басейну (B_{max} , м, км) визначається по прямій, перпендикулярній до осі басейну у найширшій його частині.

6. Середня висота басейну ($H_{сер}$, м, км) визначається за картою. Для цього визначають площі між сусідніми горизонталями (f) і середні висоти горизонталей (h), між якими знаходиться площа:

$$H_{сер} = f_1 h_1 + f_2 h_2 + \dots + f_n h_n / F$$

7. Середній нахил поверхні басейну ($I_{сер}$) визначають за формулою:

$$I_{сер} = H \times (0.5 l_0 + l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_{n-1} + 0.5 l_n) / F,$$

де, H – різниця відміток сусідніх горизонталей (висота перерізу горизонталей),

$l_0 l_1 \dots l_n$ – довжина горизонталей,

F – площа басейну.

8. Довжина вододільної лінії (S , км, м) – це довжина вододілу, яка вимірюється так само як і довжина річки.

9. Порізанисть контуру басейну (m) або коефіцієнт розвитку довжини вододільної лінії – це відношення довжини вододільної лінії до довжини кола, що обмежує рівновелику водозборові площу круга.

Обчислюють за формулою:

$$m = 0,282 S/\sqrt{F},$$

де, S – довжина вододільної лінії,

F – площа басейну.

Завдання 2. Побудувати гіпсографічну криву басейну, яка вказує на відсоток площі басейну, яка перебуває вище певної висоти.

Для побудови гіпсографічної кривої визначають площі між горизонталями. По горизонтальній осі відкладають ці площі (в квадратних кілометрах або відсотках), а по вертикальній осі – висоти цих площ. Підсумовуючи величини площ кожної висоти в км² чи % одержимо гіпсометричну криву. З допомогою кривої можна визначити середню висоту басейну над рівнем ріки. З цією метою з середини горизонтальної осі піднімають перпендикуляр до перетину з кривою і опускають перпендикуляр на вісь ординат. Висота, яку відсіче ця лінія, і буде середньою висотою басейну над рівнем моря.

Завдання 3. Визначити фізико-географічні характеристики басейну ріки.

Фізико-географічні умови характеризують за таким планом:

- Географічне положення басейну на континенті, яке може бути виражене через віддаленість (в км) від океану, широту і довготу центру і крайніх точок басейну.
- Географічний пояс, природна зона або висотний пояс.
- Тектонічна і геологічна будова, фізичні і водні властивості підстилаючих порід, гідрогеологічні умови.
- Рельєф, який може бути охарактеризований (кількісно) через середню висоту і середній похил поверхні басейну (за формулами 1, 2).
- Клімат (характер циркуляції атмосфери, режим температури і вологості повітря, кількість і режим атмосферних опадів, випаровування).

Ґрунтово-рослинний покрив, який можна охарактеризувати через коефіцієнт лісистості та площею певного типу ґрунту в межах басейну.

Коефіцієнт лісистості – це відношення площі лісів ($f_{\text{ліс}}$), розташованих в басейні, до загальної площі басейну (F):

$$K_{ліс} = \Sigma f_{ліс} / F,$$

Коефіцієнт лісистості визначають у відсотках, або в частках від одиниці.

- Його можна обчислити як для водозбору загалом, так і для окремих ділянок.

Наявність і особливість інших водних об'єктів – озер, боліт, льодовиків та ін.

Коефіцієнт озерності ($K_{оз}$) – це відношення площі озер ($f_{оз}$), розташований у басейні, до загальної площі басейну (F):

$$K_{оз} = \Sigma f_{оз} / F,$$

Коефіцієнт заболоченості ($K_{бол}$) – це відношення площі боліт ($f_{бол}$), що знаходяться в басейні, до загальної площі басейну (F):

$$K_{бол} = \Sigma f_{бол} / F.$$

Контрольні запитання

1. Які основні морфометричні характеристики річкового басейну?
2. Як визначають площу річкового басейну?
3. Як визначають середню ширину річкового басейну?
4. Як визначають середню глибину річкового басейну?
5. Як визначають середній нахил річкового басейну?

Лабораторна робота 4

Тема: Побудова профілю поперечного перерізу русла річки та обчислення його основних морфометричних характеристик

Мета: навчитися будувати профіль поперечного перерізу русла річки та визначати його морфо метричні характеристики.

Хід роботи

Основними морфометричними елементами водного перерізу є:

- Площа водного перерізу (S , м²)
- Змочений периметр (P , м).
- Гідравлічний радіус (R , м).
- Ширину русла (B , м)
- Максимальна глибина (h_{\max} , м)
- Середня глибина ($h_{\text{сер}} = S/B$, м).

Завдання 1. Побудувати поперечний (водний) переріз русла ріки (дані для побудови даються викладачем кожному студентові у вигляді таблиці (табл. 1).

Таблиця 1

Поперечний переріз русла річки_

№ промірних і швидкісних вертикалей	Відстань від постійного початку (м)	Глибини (м)	Швидкість течії (м/с) в точках на швидкісних вертикалях				
			Поверхня (0.1 м)	0.2Н	0.6Н	0.8Н	Дно (0.1 м від дна)

На міліметровому папері по горизонталі відкласти віддалі від постійного початку промірів, а по вертикалі – глибини. Горизонтальний масштаб (ширина ріки) беруть у 2, 5, 10, 20 разів менше вертикального (глибина ріки), щоб такий профіль помістився на міліметровому папері. Точки дна з'єднують прямими лініями.

Завдання 2. Обчислити основні морфометричні елементи русла ріки.

1. Площу поперечного перерізу ($S, м^2$).

Поперечний переріз русла – площа, перпендикулярна до напрямку течії потоку у певному пункті. Ця площа обмежена знизу дном, лінією горизонту води, а по боках - схилами русла. Кожному рівню води в річці відповідає свій водний переріз. При льодовому покриві верхньою межею площі поперечного перерізу вважають лінію рівня води в ополонках. Поперечний переріз русла визначає пропускну здатність річки і впливає на розподіл швидкостей, похилів, напрямів течії та інші гідравлічні елементи потоку. Розрізняють площу живого перерізу і площу мертвих просторів.

Площа живого перерізу – це та частина площі водного перерізу русла, де швидкості течії більші від нуля або від чутливості приладу, яким вимірюють швидкості. *Площа мертвих просторів* – це та частина площі водного перерізу русла, в якій течії відсутні або їхні швидкості нижчі від початкової швидкості гідрометричної вертушки.

Площа поперечного перерізу річки вираховується як сума площ прямокутників і трикутників, на які поділяється водний переріз русла промірними вертикалями глибин.

$$S = \frac{b_1 h_1}{2} + b_2 \frac{h_1 + h_2}{2} + \dots + b_{n-1} \frac{h_{n-1} + h_n}{2} + \frac{b_n h_n}{2}$$

2. Ширину русла ($B, м$). Ширина русла ріки визначається як різниця віддалі від постійного початку до урізу лівого берега ($l_{ур.л.б}$) і віддалі від постійного початку до урізу правого берега ($l_{ур.п.б}$):

$$B = l_{ур.л.б} - l_{ур.п.б}$$

3. Довжину змоченого периметру (P).

Змочений периметр – це довжина підводного контуру водного перерізу, визначається як сума гіпотенуз уявних трикутників, які утворюють лінію дна (C_1, C_2, \dots, C_n):

$$P = \sqrt{b_1^2 + h_1^2} + \sqrt{b_2^2 + (h_2 - h_1)^2} + \sqrt{b_3^2 + (h_3 - h_2)^2} + \dots + \sqrt{b_n^2 + h_{n-1}^2}$$

4. Середню глибину ($h_{сер}$, м). Визначається за формулою:

$$h_{сер} = S / B$$

5. Максимальну глибину (h_{max} , м). Визначається безпосередньо з промірів глибин.

6. Гідравлічний радіус (R , м) виражається відношенням площі водного перерізу (S) до змоченого периметра (P). Визначається за формулою:

$$R = S / P$$

Контрольні запитання

1. Які інструменти та прилади використовують для побудови профілю поперечного перерізу русла річки?
2. Як будують профіль поперечного перерізу русла річки?
3. Як визначають ширину русла?
4. Як визначають глибину русла?
5. Як визначають середню швидкість течії?
6. Як визначають середній нахил русла?

Лабораторна робота 5

Тема: Вивчення особливостей температурного, термічного і льодового режиму водних об'єктів

Мета: Ознайомитися з відмінностями температурного, термічного і льодового режимів водних об'єктів, їх значенням для функціонування водних екосистем.

Хід роботи

Завдання 1. Виміряйте температуру води в різних точках водного об'єкта, розташованих на різних глибинах. Для цього опустіть термометр у воду на задану глибину і витримайте його протягом 5 хвилин. Потім зафіксуйте показання термометра.

Завдання 2. На основі вимірних значень температури води визначте тепловий режим водного об'єкта. Для цього порівняйте показання термометра із середньою температурою повітря для даного періоду години.

Якщо температура води вище середньої температури повітря, то даний водний об'єкт має позитивний тепловий режим.

Якщо температура води нижче середньої температури повітря, то даний водний об'єкт має негативний тепловий режим.

Завдання 3. Визначте, чи є на даному водному об'єкті лід. Якщо є, то зафіксуйте товщину льоду.

Якщо на даному водному об'єкті немає льоду, то зафіксуйте дату початку та закінчення льодоставу.

Завдання 4. У таблиці зафіксуйте результати вимірювання температури води та льодового режиму водного об'єкта

Точка	Глибина, м	Температура, °С
1	0,5	

2	1	
3	1,5	

Завдання 5. Використовуючи рекомендовану літературу, з'ясувати зміст та відмінності між поняттями “температурний” і “термічний” режими водойм, теплозапас, термоклин, температурна стратифікація; ознайомитися із класифікацією водойм за особливостями температурної циркуляції.

Встановити залежність між величиною теплозапасу водойм і показниками росту риб.

З'ясувати причини виникнення *кисневого дефіциту* у період льодоставу.

Завдання 6. Заповнити таблицю 1:

Таблиця 1

Фаза льодового режиму	Екологічні особливості цього етапу

Контрольні запитання

1. Що таке температурний режим водного об'єкта
2. Як визначається тепловий запас водойми.
3. Назвіть періоди температурного режиму водойми.
4. Охарактеризуйте період стагнації та кисневої дихотомії у водоймі.
5. Охарактеризуйте льодовий режим водойми.
6. Назвіть типи крижаних покривів водойми.

Лабораторна робота №6

Тема: Визначення основних морфометричних характеристик озера

Мета: уміти визначати морфометричні характеристики озера, такі як площу

дзеркала, об'єм водної маси та ступінь розвитку берегової лінії.

Хід роботи

Основні морфометричні характеристики озер:

- площа дзеркала;
- довжина, ширина, глибина;
- об'єм водної маси;
- ступінь розвитку берегової лінії.

Для визначення морфометричних характеристик озера необхідно мати *батиметричну* карту озера. Батиметричну карту складають на основі промірів глибин і топографічного знімання озера. Усі морфологічні елементи озера змінюються зі зміною рівня води.

Завдання 1. Визначити площу озера (F_0 , м², км²).

Площа водної поверхні – це площа акваторії, яка визначається планіметром або палеткою по карті. При цьому її можна визначити як площу дзеркала водної поверхні (для підрахунків випаровування, об’ємів води тощо), так і разом з островами.

Завдання 2. Визначити довжину озера ($L, м$).

Довжина озера – це найкоротша віддаль між двома найбільш віддаленими точками берегової лінії по поверхні водоймища (вимірюється окремими короткими відрізками)

Завдання 3. Визначити ширину озера ($B, м$).

Розрізняють середню і максимальну ширину. *Максимальна ширина* ($B_{\max}, м$) – це віддаль між найвіддаленішими точками берегової лінії по перпендикуляру до довжини озера. *Середня ширина* ($B_{\text{сер}}, м$) – це відношення площі водної поверхні до довжини озера ($B_{\text{сер}}/L$)

Завдання 4. Визначити довжину берегової лінії ($Z, м$).

Довжину берегової лінії вимірюють по нульовій ізобаті (або довжина врізів води, по яких вона дотикається до берега).

Завдання 5. Визначити об’єм води в озері.

Об’єм води в озері визначають по карті ізобат, користуючись “методом призм”.

Якщо площі обмежені ізобатами становлять $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$, а вертикальні відстані між площинами ізобат становлять h_1, h_2, h_3, \dots , то об’єм озера (W) дорівнює:

$$W = h_1(f_1 + f_2) / 2 + h_2(f_2 + f_3) / 2 + \dots + h_{n-2}(f_{n-2} + f_{n-1}) / 2 + h_{n-1}(f_{n-1} + f_n) / 2$$

Завдання 6. Визначити ступінь порізаності берегової лінії за формулою С.Д. Муравейського:

$$K = L / 2\sqrt{F_0\Pi}$$

де, L – довжина берегової лінії,

$2\sqrt{F_0\Pi}$ – довжина кола з площею, що дорівнює площі озера.

Контрольні запитання

1. Які інструменти та прилади використовують для визначення основних морфометричних характеристик озера?
2. Як визначають площу озера?
3. Як визначають довжину берегової лінії озера?
4. Як визначають середню глибину озера?
5. Як визначають максимальну глибину озера?
6. Як визначають обсяг озера?
7. Як визначають площу водозбору озера?
8. Як визначають тип озера?

Лабораторна робота 7

Тема: Водні ресурси та водний баланс території України (Центрального Полісся)

Мета: Ознайомитись з особливостями водних ресурсів та водного балансу території України (Центрального Полісся). Навчитися визначати основні компоненти водного балансу.

Хід роботи

Завдання 1. Побудувати діаграми річкового стоку адміністративних областей України. Для побудови діаграм використати дані таблиці 1 відклавши по вертикалі (у масштабі 1 см – 5 км куб) – середні багаторічні значення витрати води. Зробити короткий письмовий аналіз діаграм.

Таблиця 1

Річковий стік адміністративних областей України

Адміністративна область	Площа території, тис. км ²	Середні багаторічні значення річкового стоку	
		м ³ /сек	км ³
АР Крим	27,0	29	0,91
Вінницька	26,5	349	11,00
Волинська	20,2	128	4,05
Дніпропетровська	31,9	1681	53,00
Донецька	26,5	140	4,40
Житомирська	29,9	118	3,71
Закарпатська	12,8	421	13,30
Запорізька	27,2	1680	53,00
Івано-Франківська	13,9	298	9,40
Київська	28,9	1473	46,40
Кіровоградська	24,6	1590	50,20
Луганська	26,7	161	5,09
Львівська	21,8	176	5,55
Миколаївська	24,6	127	4,00
Одеська	33,3	409	12,50
Полтавська	28,8	1632	51,50
Рівненська	20,1	222	7,00
Сумська	23,8	184	5,79
Тернопільська	13,8	230	7,26
Харківська	31,4	108	3,41
Херсонська	28,5	1728	54,40
Хмельницька	20,6	312	9,82

Черкаська	20,9	1503	47,40
Чернівецька	8,1	321	10,10
Чернігівська	31,9	938	29,57

Завдання 2. Побудувати діаграми водності основних річок України. Для побудови діаграм використати дані таблиці 2 відклавши по вертикалі (у масштабі 1см – 10м куб/с) – середні багаторічні значення витрати води. Зробити короткий письмовий аналіз діаграм.

Таблиця 2

Водний стік основних річкових басейнів України

Річка - пост	Площа басейну, км ²	Середні багаторічні величини річкового стоку		
		витрати води, м ³ /с	модуль стоку, л/с/км ²	об'єм стоку, км ³
Тиса - смт. Вілок	9180	213	23,2	6,72
Тересва - с. Нересниця	1100	30,7	27,9	0,968
Ріка - м. Хуст	1130	36,8	32,6	1,16
Боржава - с. Шаланки	1100	20,9	19,0	0,659
Латориця - м. Мукачево	1360	25,7	18,9	0,811
Прут - м. Чернівці	6890	65,0	9,43	2,05
Дністер - с. Заліщики	24600	246	10,0	7,76
Дністер - м. Бендери	66100	339	5,13	10,69
Стрий - смт. Верхнє Синьовидне	2400	41,4	17,3	1,31
Лімниця - с. Перевозець	1490	22,2	14,9	0,700
Бистриця - с. Ямниця	2450	29,0	11,8	0,915
Серет - м. Чортків	3170	13,7	4,32	0,432
Збруч - Завалівська ГЕС	3130	9,44	3,02	0,298
Південний Буг - с. Олександрівка	46200	91,5	1,98	2,89
Десна - с. Сосонка	1300	3075	2,89	0,118
Інгул - с. Новогорожено	6670	9,18	1,38	0,290
Західний Буг - м. Сокаль	6250	28,4	4,55	0,896
Прип'ять - м. Мозир	97200	383	3,94	12,08
Інгулець - с. Могилівка	9280	9,51	1,03	0,300
Сіверський Донець - с. Кружилівка	73200	161	2,20	5,08
Кальміус - смт. Приморське	3700	8,77	2,37	0,277
Горинь - с. Річиця	2700	96,8	3,59	3,05
Десна - м. Чернігів	81400	320	3,93	10,09

Сейм - с. Мутіно	25600	100	3,91	3,15
Дніпро - сmt. Лоцманська Кам'янка	463000	1662	3,59	52,42
Рось - м. Корсунь- Шевченківський	103000	22,6	2,19	0,713
Сула - с. Галицьке	18700	40,9	2,19	1,29
Псьол - с. Запсельє	21800	50,6	2,32	1,60
Ворскла - с. Кобиляки	13600	30,6	2,25	0,965

Завдання 3. Скориставшись інформаційними джерелами, заповнити таблицю 3

Таблиця 3.

Водний стік основних річок Житомирської області

Річка	Довжина, км	Площа, км ²	Середній річний стік, м ³ /с
Случ			
Тетерів			
Уж			
Гуйва			
Гнилоп'ять			
Уборть			
Ірша			
Словечна			
Ірпінь			

Контрольні запитання

1. Які основні джерела водних ресурсів України?
2. Які типи водних ресурсів України ви знаєте?
3. Які особливості розподілу водних ресурсів України?
4. Що таке водяний баланс?
5. Які компоненти водного балансу?
6. Які фактори впливають на водний баланс території України?
7. Які особливості водних ресурсів Центрального Полісся?
8. Які джерела водних ресурсів Центрального Полісся?
9. Які особливості розподілу водних ресурсів Центрального Полісся?

Лабораторна робота №8

Тема: Екологічна зональність Світового океану та континентальних водойм

Мета: Ознайомитися з основними типами екологічної зональності Світового океану та континентальних водойм, їх особливостями та розподілом.

Хід роботи:

Завдання 1. Ознайомтеся з поняттям екологічної зональності. Визначте основні фактори, що зумовлюють екологічну зональність Світового океану. Розгляньте атласи та карти Світового океану та визначте основні типи екологічної зональності.

На основі атласів та карт Світового океану та континентальних водойм охарактеризуйте основні типи екологічної зональності:

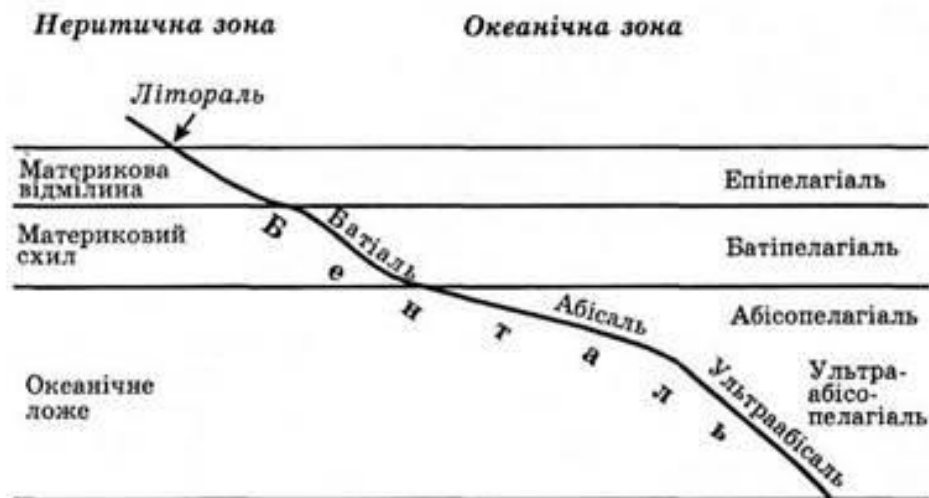


Рис. Екологічна зональність Світового океану

Завдання 2. За результатами роботи заповніть таблицю

Таблиця 1

Екологічна зональність Світового океану

Екологічна зона	Рівень моря	Температура	Кількість світла	Домінуючі організми

Завдання 3. Визначте основні фактори, що зумовлюють екологічну зональність континентальних водойм.

За результатами роботи заповніть таблиці

Таблиця 2

Екологічна зональність озер

Екологічна зона	Рівень моря	Температура	Кількість світла	Домінуючі організми

Екологічна зональність річкових систем

Екологічна зона	Рівень моря	Температура	Кількість світла	Домінуючі організми

Контрольні запитання

1. Що таке екологічна зональність?
2. Які фактори зумовлюють екологічну зональність Світового океану та континентальних водойм?
3. Які основні типи екологічної зональності Світового океану?
4. Які основні типи екологічної зональності континентальних водойм?

Лабораторна робота № 9**Тема: Методи визначення біомаси фітопланктону**

Мета: ознайомити студентів з основними експрес-методами визначення біомаси фітопланктону як функціонального показника розвитку гідробіоценозу.

Хід роботи

Об'ємний метод. Об'ємний метод визначення біомаси фітопланктону виконується в градуйованій центрифужній пробірці, де ретельно перемішують зафіксовану та відібрану пробу фітопланктону. Частина проби наливається у градуйовану центрифужну пробірку, а визначення біомаси здійснюється за осадом, утвореним після відстоювання. У випадку, коли частина водоростей розташована у верхньому шарі, їх рахують за верхньою поділкою меніска та додають до осаду, який визначається за нижньою поділкою. Масу організмів в осаді ідентифікують з густиною води, наприклад, якщо осад займає 1 см, це означає, що проба об'ємом 0,5 л містить 1 г фітопланктону, або 2 г в 1 л.

Визначення біомаси фітопланктону за прозорістю води. Біомасу фітопланктону орієнтовно визначають безпосередньо у водоймі, використовуючи індикаторний диск Секкі для вимірювання прозорості води. Біомасу фітопланктону визначають, виходячи із залежності між прозорістю води та інтенсивністю розвитку фітопланктону, що виражається співвідношенням.

Установлено, що технологічною нормою прозорості води є 1/2 середньої глибини ставу. У цих випадках спостерігають оптимальні умови для росту рибної продукції й розвитку природної кормової бази. За прозорості 1/3 середньої глибини ставу – відзначається надмірний розвиток фітопланктону, що призводить до «цвітіння» води, та є загроза розвитку задухи; 2/3 прозорості середньої глибини ставу свідчить про недостатній розвиток фітопланктону та необхідність в удобренні ставків. Крім того, під мікроскопом визначають домінуючі групи водоростей, що особливо важливо привизначенні характеру «цвітіння» води, якщо воно має місце.

Про ступінь розвитку фітопланктону можна судити й **за кольором води**, який визначають за еталоном, занурюючи індикаторний диск на половину індикаторної прозорості. Установлено, що

- чиста блакитна вода при значній прозорості свідчить про недостатній рівень розвитку планктону;
- зеленуватий відтінок води за нормальної прозорості засвідчує оптимальні умови для розвитку фітопланктону;
- зеленувато-сині пластівці у воді за низької прозорості свідчать про початок масового відмирання синьо-зелених водоростей та ймовірні явища задухи;
- жовтуватий колір води за малої прозорості вказує на загрозу задухи;
- оранжево-жовта вода за низької прозорості вказує на погані гідрохімічні умови у водоймі та недостатній розвиток фітопланктону.

Контрольні питання

1. *Які принципові особливості методу експрес-визначення біомаси фітопланктону за об'ємом?*
2. *Яким чином працює експрес-метод визначення біомаси фітопланктону на основі прозорості води?*
3. *В чому суть експрес-методу оцінки біомаси фітопланктону з використанням кольору води?*

Лабораторна робота № 10

Тема: Скляночний метод визначення первинної продукції і деструкції органічної речовини

Мета: Ознайомитись з методом визначення первинної продукції та деструкції органічної речовини за допомогою склянок; навчитися визначати ці показники; опрацювати та інтерпретувати результати досліджень.

Хід роботи

1. Перед початком експерименту необхідно промити продукційні склянки (4 штуки на кожен горизонт, включаючи одну для початкової концентрації кисню, дві світлові для визначення продукції та одну темну для визначення деструкції), батометр і інше посуд хромовою сумішшю для скляного посуду та пральним порошком для пластмасового посуду, після чого їх слід висушити.

2. У відбірковій точці слід визначити прозорість води та глибину фотичного шару за допомогою диска Секкі (перемноживши глибину прозорості на коефіцієнт 3,0) або глибину фотичного шару, визначену підводним гідрометром (що представляє собою глибину проникнення 1% сонячної радіації).

3. Провести відбір проб об'ємом не менше 1 л з різних глибин за

допомогою батометра. З одного батометра взяти проби одночасно для гідрохімічного, кількісного та якісного аналізу фітопланктону, відбираючи їх від нижніх до верхніх горизонтів.

4. негайно після відбору заповнити продукційні склянки, попередньо промивши їх досліджуваною водою. Заповнювати склянки слід трубкою-сифоном, опускаючи їх до дна та доливаючи частину проби. Закрити склянки, уникнувши потрапляння повітря. Якщо залишилися бульбашки повітря, склянку слід залишити відкритою протягом 1 хвилини, торкаючись до стінок та видаляючи бульбашки. Після цього склянки закрити і розмістити в потрібних горизонтах (2 світлові та 1 темна для кожного горизонту), зафіксувавши час початку експозиції. Заповнювати склянки слід у темряві, щоб уникнути прямих сонячних променів.

5. Проби, призначені для визначення початкового вмісту розчиненого кисню, слід фіксувати, додаючи до них 1 мл $MnCl_2$ та 1 мл лужного розчину KI . Піпетку тримати біля поверхні води, таким чином, що втрачена кількість проби буде врахована при подальших розрахунках. Закрити склянку і енергійно перемішати, доки осад не буде рівномірно розподілений по всій її площі. Проби слід залишити у темному місці для відстоювання (від 3 годин до 1 доби).

6. Після відстоювання до проби влити 1-3 мл. конц. H_2SO_4 (кінчик піпетки над поверхнею розчину). Пробу закрити і перемішати до повного зникнення осаду. Отриманий розчин перенести по 50 або 100 мл. в конічну колбу і титрувати розчином $0.01 \text{ м} \cdot NaS_2O_3 \cdot H_2O$ (тіосульфату) до солом'яно-жовтого кольору. Потім додати 1–2 мл крохмалю (з'явиться синій колір) і титрувати тіосульфатом до повного знебарвлення. З однієї склянки необхідно відтитрувати 2–3 повторності.

Кількість розчиненого кисню в 1 літрі води визначається за формулою:

$$V \cdot C \cdot 1000 / 250$$

де:

V - обсяг розчину тіосульфату натрію, використаного для титрування, мл;

C - концентрація розчину тіосульфату натрію, моль/л;

250 - об'єм пробі води, мл.

Наприклад, якщо при титруванні 100 мл фільтрованої проби води використано 10 мл розчину тіосульфату натрію з концентрацією 0,1 моль/л, то вміст розчиненого кисню в 1 літрі води становить:

$$10 \cdot 0,1 \cdot 1000 / 250 = 4$$

тобто 4 мг/л.

Перед визначенням вмісту розчиненого кисню визначити поправочний коефіцієнт нормальності натрій тіосульфату.

Для цього в конічну колбу об'ємом 100–150 мл влити 10 мл 10 % KI , 35–50 мл дистильованої води, 15 мл 0.02 н. $K_2Cr_2O_7$ і 10 мл HCl (2:1). Розчин перемішати і дати відстоятися 2–3 хв.

Після цього розчин титрувати до солом'яно-жовтого кольору. Додати

1 мл розчину крохмалю і титрувати до повного знебарвлення.

Поправочний коефіцієнт розраховують за формулою:

$$K = V_1 \cdot K_2Cr_2O_7 / V_1 \cdot V_2Na_2S_2O_3,$$

де: V_1 і V_2 – об'єм натрію тіосульфату і калій дихромату.

Провести розрахунок первинної продукції досліджуваного водного об'єкту за формулами:

а) валова продукція: $A = C - T / t$, мг O_2 /л / год; б) чиста продукція: $R_{\text{чист.}} = C - K / t$, мг O_2 /л / год; в) деструкція: $R = K - T / t$ мг O_2 /л / год,

де: K – початковий вміст O_2 перед експозицією (мг/л); C – вміст O_2 в світлих склянках після експозиції (мг/л); T – вміст O_2 в темних склянках після експозиції (мг/л); t – час експозиції (год).

Отримані результати занести в таблицю

Таблиця

Результати дослідження

№ п/п	Показники	Дата проведення дослідження			
1	Місце відбору проби води				
2	Прозорість по диску Секкі, м				
3	Горизонт відбору проби, м				
4	№ склянки: 1, 2, 3, 4				
5	Тривалість експозиції, год.				
6	Кількість $Na_2S_2O_3$, яка пішла на титрування проби, мл				
7	Довжина світлового дня, год.				
8	K , мг O_2 /л				
9	C , мг O_2 /л				
10	T , мг O_2 / л				
11	A , мг O_2 /л/год.				
12	$R_{\text{чист.}}$, мг O_2 /л/год				
13	R , мг O_2 /л/год.				

Контрольні запитання

1. Надати визначення та вказати фактори біологічної продуктивності водних об'єктів.
2. Роз'яснити поняття первинної, валової та чистої продукції водойм.
3. Перерахувати методи визначення первинної продукції водних об'єктів.
4. Пояснити сутність методу кисневих склянок у визначенні первинної продукції.
5. Визначити методика збору проб для оцінки первинної продукції та деструкції водних об'єктів.
6. Показати, як розрахувати валову продукцію водних об'єктів.
7. Вказати на методи розрахунку чистої продукції водойм.
8. Описати способи розрахунку деструкції водних об'єктів.
9. Розглянути вплив самоочищувальної здатності водних об'єктів, враховуючи відношення чистої продукції до деструкції та навпаки.

Лабораторна робота № 11

Тема: Визначення зон сапробності та індикаторні організми сапробності

Мета: Вивчити та визначити зони сапробності водойм, а також ознайомитись з методами ідентифікації та аналізі індикаторних організмів, які служать показниками ступеня забруднення води відповідно до їхньої присутності та розподілу.

Матеріали та обладнання: відібраний біологічний матеріал; склянки для доставки розглядання матеріалу (250–300 мл);

мікроскоп, предметні й покривні скельця, чашки Петрі, 40 %-й формалін.

Хід роботи

1. Провести детальний аналіз взятого біологічного матеріалу під мікроскопом та створити ілюстрації.
2. Використовуючи зображення 1–4, ідентифікувати види найпростіших організмів, водоростей, комах, та інших гідробіонтів у водоймах і визначити їхній різний ступінь забруднення.
3. Надати еколого-систематичний опис масових форм, що відповідають зонам сапробності.

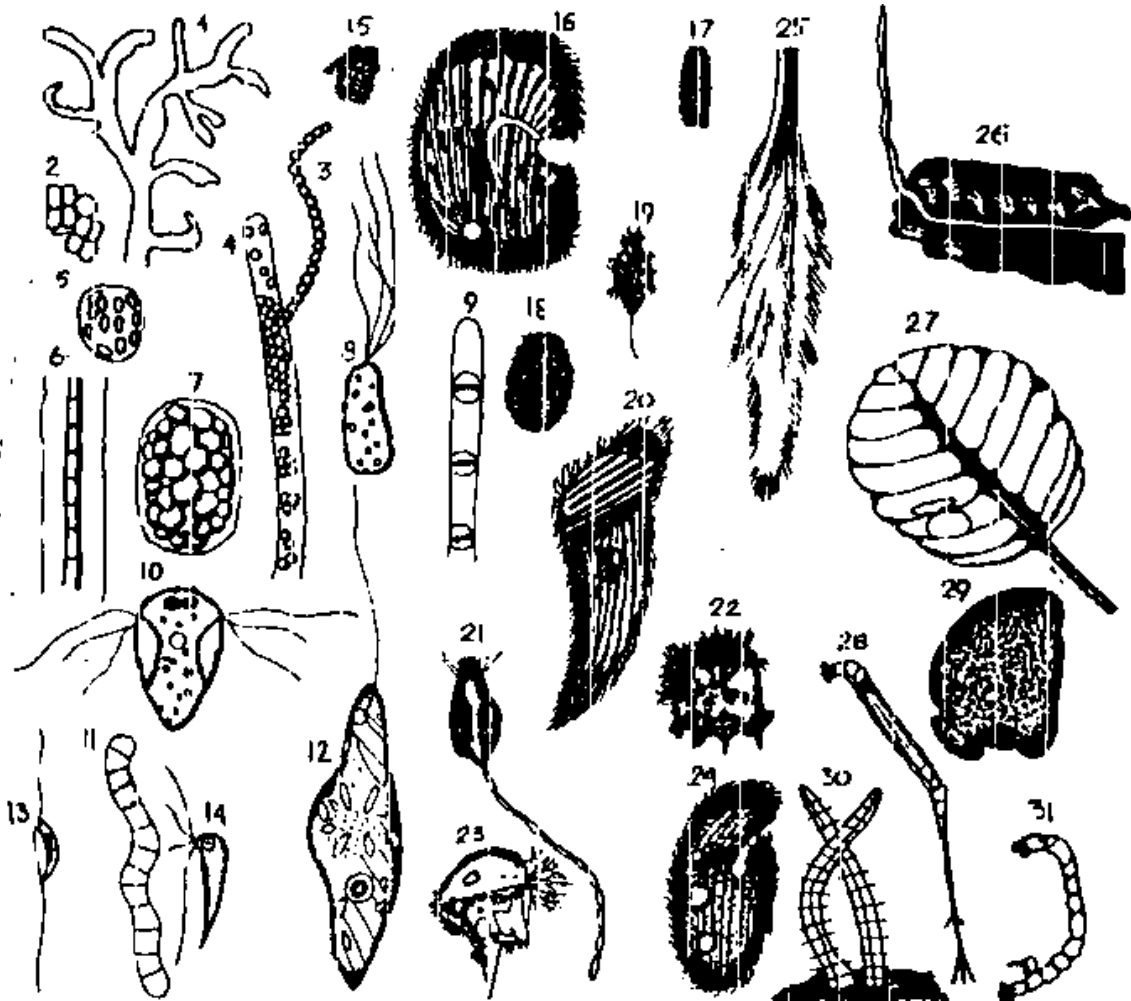


Рис. 1. Організми полісапробної зони:

- 1 – *Zooglea ramigera*; 2 – *Sargina paludosa*; 3 – *Streptococcus margaritaceus*; 4 – *Beggiatoa alba*; 5 – *Chlorobacterium aggregatum*; 6 – *Sphaerotilus natans*; 7 – *Achromatium oxaliferum*; 8 – *Chromatiumokenii*; 9 – *Oscillatoria putripa*; 10 – *Trigonomonas compressa*;
 11 – *Spirulina jenneri*; 12 – *Euglena viridis*; 13 – *Boto putrinus*; 14 – *Tetramitus pyriformis*; 15 – *Hexotricha caudate*;
 16 – *Paramecium putrinum*; 17 – *Enchelus vermicularis*;
 18 – *Glaucoma scintillans*; 19 – *Trimyema compressa*; 20 – *Metoruses*; 21 – *Vorticella microstoma*; 22 – *Saprodinium dentatum*;
 23 – *Caenomorpha medosola*; 24 – *Colpidium colpoda*;
 25 – *Sphaerotilus natans*; 26 – *Larve Eristalis tenax*; 27 – *Lamprocystisroseopersicina*;
 28 – *Rotaria neptunia*; 29 – *Pelomyxa palustris*;
 30 – *Tubifex rivulorum*; 31 – *Chironomus thummi*

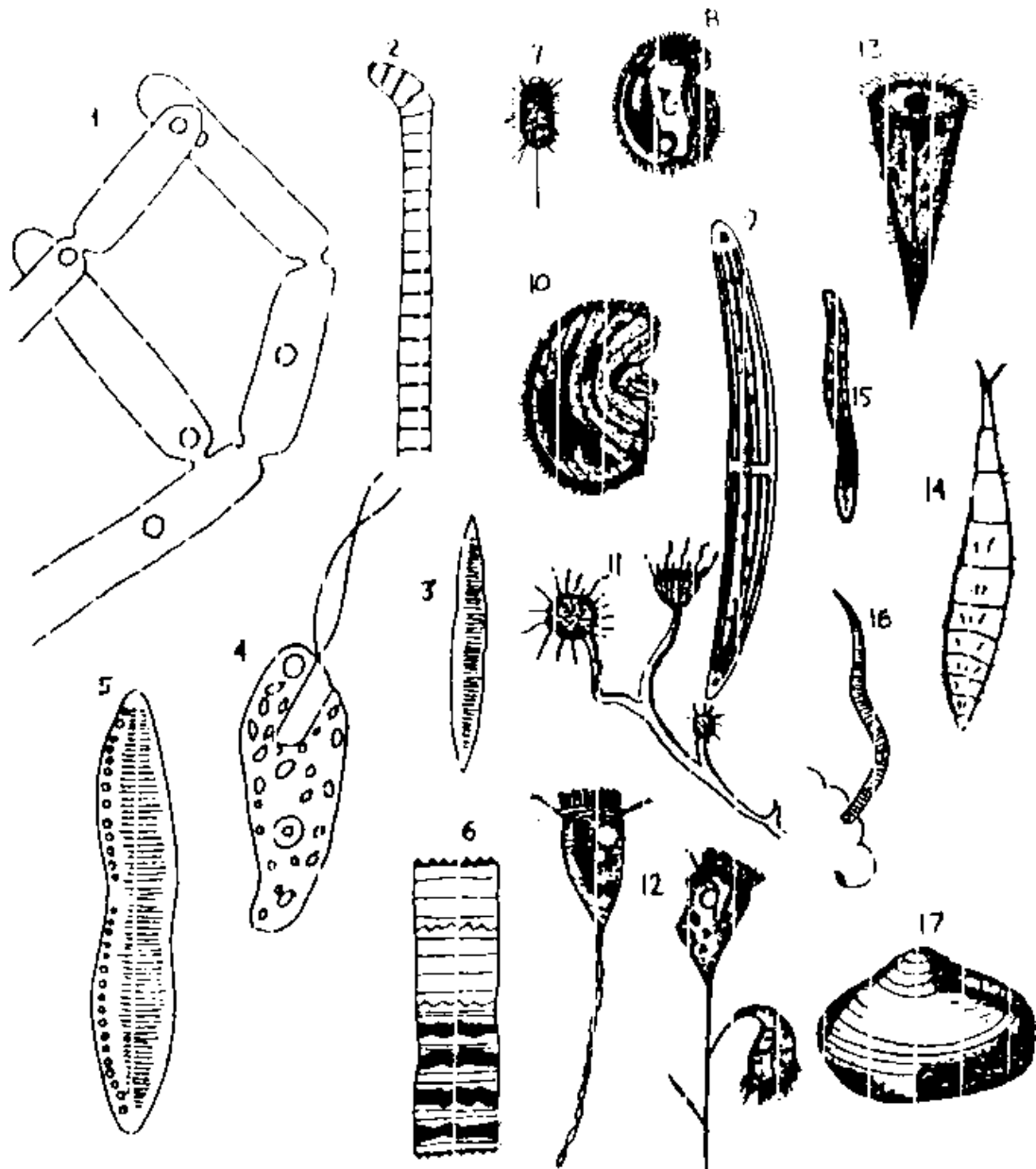


Рис. 2. Організми α – мезосапробної зони:

- 1 – *Leptomitus lacteus*; 2 – *Oscillatoria Formosa*; 3 – *Nitzschia palea*; 4 – *Chilomonas paramaecium*; 5 – *Nantzshia amphioxys*;
 6 – *Stephanodiscus hantzschii*; 7 – *Uronema marinum*; 8 – *Chilodonella uncinata*;
 9 – *Closterium Acerosum*; 10 – *Colpoda cucullus*;
 11 – *Anthophysa vegetans*; 12 – *vorticella convallaria*; 13 – *Stentorcoeruleus*; 14 – *Larve stratiomys*; 15 – *Spirostomum ambiquum*;
 16 – *Herpobdella atomaria*; 17 – *Sphaerium corneum*

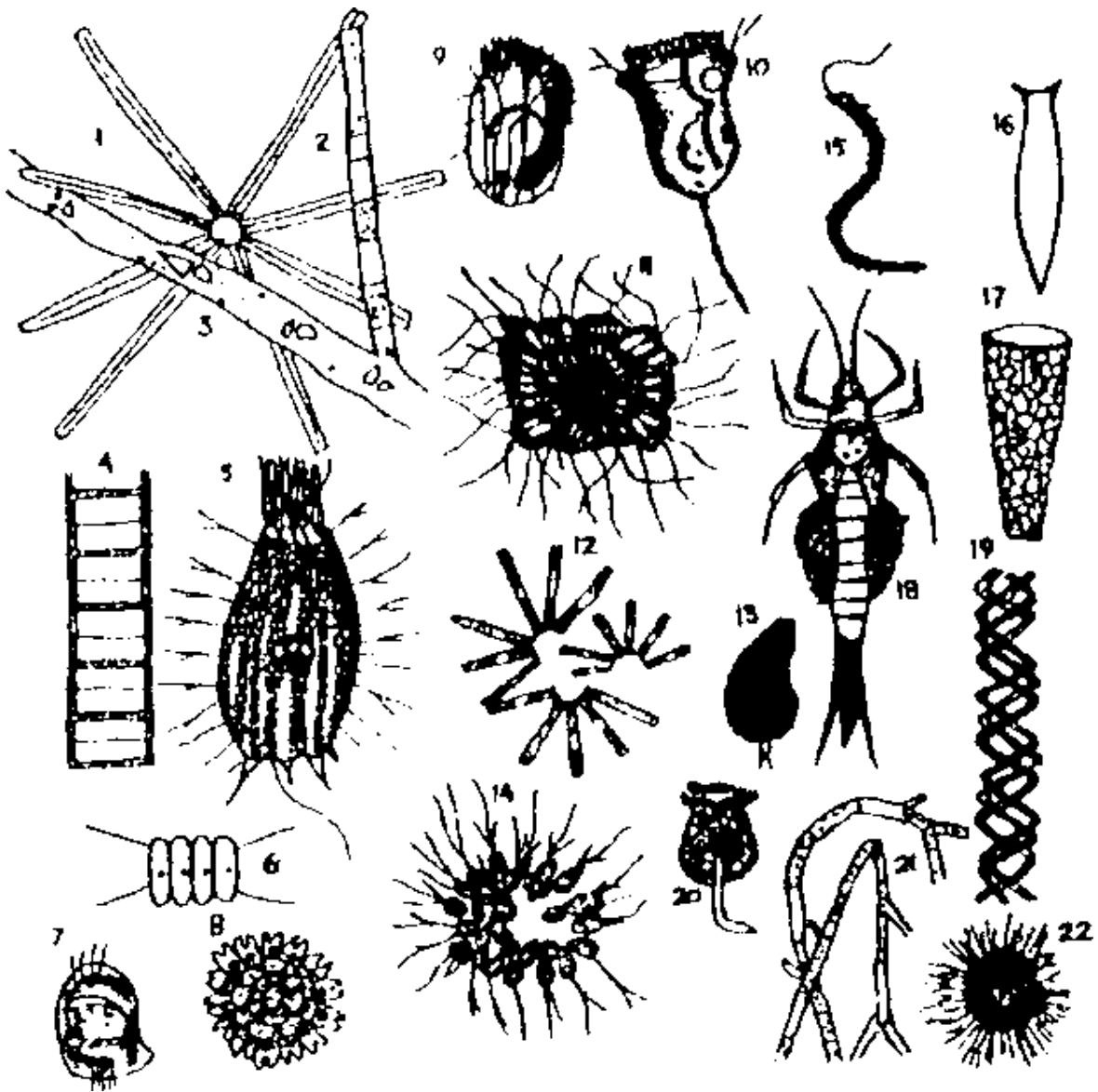


Рис. 3. Організми β -мезосапробної зони:

- 1 – *Asterionella formosa*; 2 – *Oscillatoria rubescens*; 3 – *Oscillatoria repykkii*; 4 – *Melosira varians*; 5 – *Coleps hirtus*; 6 – *Scenedesmus quadricauda*; 7 – *Aspidisca lyncens*; 8 – *Pediatrum Boryanum*;
 9 – *Euplotes charon*; 10 – *Vorticella campanula*; 11 – *Synura uvella*; 12 – *Tabellaria fenestrata*; 13 – *Paramaecium bursaria*; 14 – *Uroglenavolvox*; 15 – *Stylaria lacostri*; 16 – *Polycelis cornuta*;
 17 – *Hydropsyche lepida*; 18 – *Larve Cloen dipterum*; 19 – *Spirogyracrassa*; 20 – *Brachionus urceus*; 21 – *Cladophora crispate*;
 22 – *Actinosphaerium eichorni*.

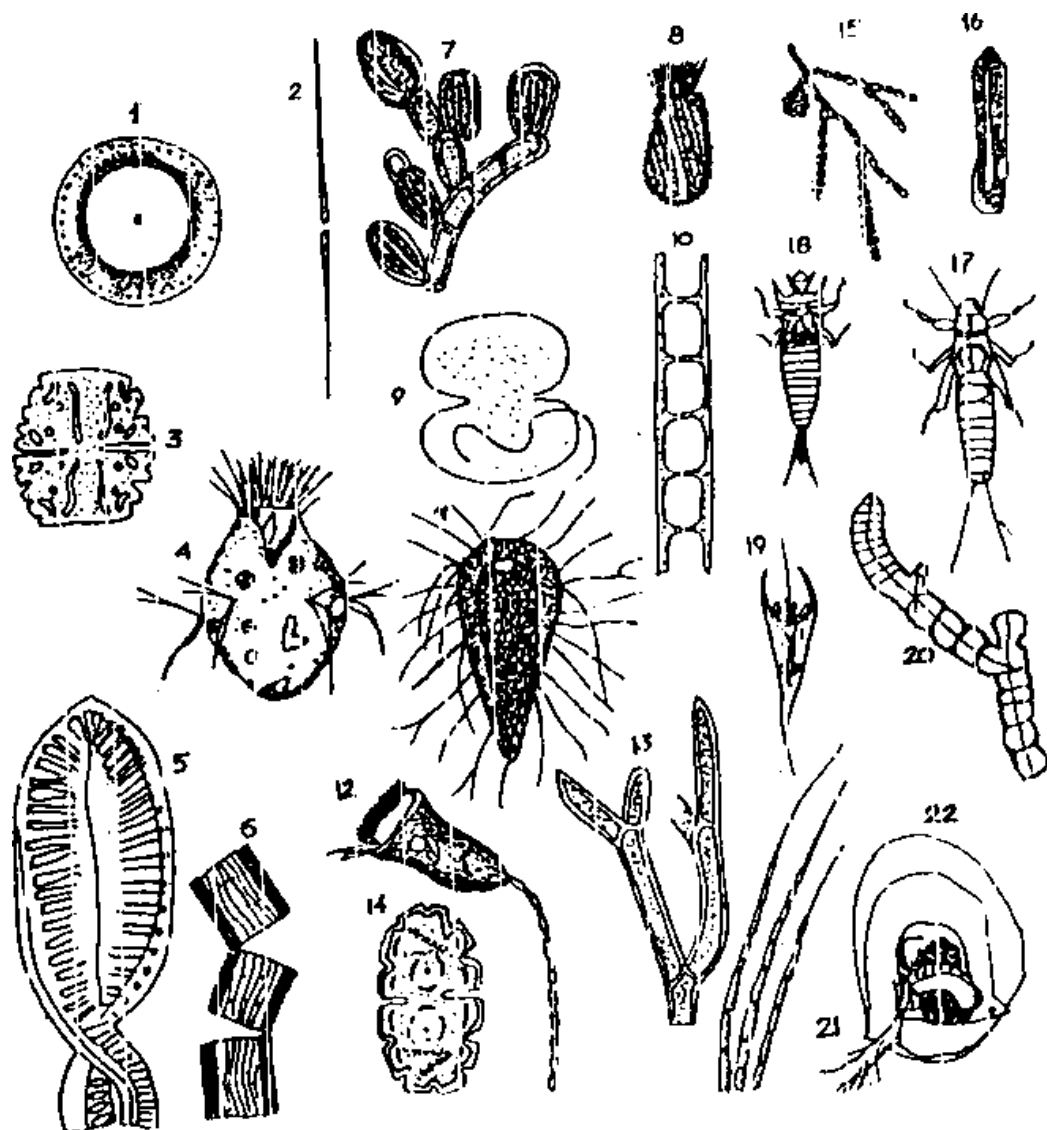


Рис. 4. Організми олігосапробної зони:

- 1 – *Cyclotella botanica*; 2 – *Synedra acus* var. *angustissima*;
 3 – *Mikrasterias iruncata*; 4 – *Haltera cirrifera*; 5 – *Surirela spiralis*; 6 –
Tabellaria flocculosa; 7 – *Bulbochaete mirabilis*;
 8 – *Strombidinopsis qurans*; 9 – *Staurastrum punctuatum*;
 10 – *Ulothrix zonata*; 11 – *Mallomonas cfudata*; 12 – *Vorticella nebulifera*
 var. *similis*; 13 – *Cladophora glomerata*; 14 – *Euastrum oblongum*; 15 –
Fontinalis antipyretica; 16 – *Planaria gonocephala*; 17 – Larve perla
bipunctata; 18 – Larve *Oligoneuria rhenana*;
 19 – *Notholca longispina*; 20 – *Batrachospermum vagum*;
 21 – *Lemanea annulata*; 22 – *Holopedium gibberum*.

Контрольні запитання

1. Яке значення має термін "сапробність" і які організми вважаються сапробними?
2. Хто створив концепцію системи сапробності?
3. В чому відмінності в підходах Кольквітца та Марсона до вдосконалення системи сапробності?
4. Які організми є індикаторами Полісапробної зони?
5. Які організми вказують на Мезосапробну зону в системі сапробності?
6. Які організми служать індикаторами Олігосапробної зони в системі сапробності?

Лабораторна робота № 12

Тема: Вивчення методів розрахунку індексу сапробності

Мета: ознайомитися із методами розрахунку індексу сапробності за фітопланктоном, індексом Вудівісса, індексом Гуднайта-Уітлея.

Хід роботи

Індекс сапробності, визначений за фітопланктоном, в гідробіологічних дослідженнях базується на методі індикаторних організмів, розробленому Пантле та Букком, а також на модифікації цього методу від Сладечека.

Метод включає в себе визначення відносної частоти трапляння гідробіонтів (h) та їх індикаторної значимості (S). Оцінка (h) здійснюється з використанням оковимірювальної шкали, де значення 9,0 вказує на багато організмів у полі зору, 7,0 – часте виявлення в кожному полі зору, 5,0 – нерідке виявлення, 3,0 – дуже рідке, 1,0 – поодинокі.

Індикаторну значимість обчислюється за відомостями, представленими в таблиці. Величина індикаторної значимості (S) визначається згідно з цією таблицею.

Таблиця

Дані величини індикаторної значимості

Індикаторні організми	S	Умовні позначення сапробної зони
Організми ксеносапробної зони	0	X
Організми олігосапробної зони		0
Організми бета-мезосапробної зони	2	□
Організми альфа-мезосапробної зони	3	□
Організми полісапробної зони	4	P

Визначення індексу Вудівісса для біотестування невеликих та повільних річок з розвинутою водною рослинністю включає в себе систему сапробності, яка дозволяє відстежувати послідовність зникнення та повторного з'явлення організмів, водоростей, простих мікробезхребетних та

риб (залежно від впливу забруднюючих речовин).

У своїх дослідженнях Вудівісс використовував частоту виявлення мікробезхребетних організмів бентосу, таких як веснянки, одноденки, ручейники та тубіфіциди, у зразках води як основний критерій. Значення біотичного індексу Вудівісса може змінюватися від 1, 2, 3, 4 (для забруднених вод) до 10,0 (для чистих вод).

У екологічній класифікації якості річкових вод такі значення вказують на забруднені води при $< 4,5$ та чисті води при $> 4,5$ до 10,0. Конкретні значення індексів для таксономічних груп подані в таблиці, індекс Вудівісса обчислюється за встановленою формулою.

$$I_{\text{Вудівісса}} = \sum x_i / n, \text{ де } x_i - \text{значення індексів}$$

індикаторних організмів; n – кількість виявлених індикаторних організмів.

Визначення індексу Гуднайта-Уїтлея (за крупними таксонами). Гуднайт та Уїтлей провели індикацію стану водного об'єкта з виявлення організмів бентосу, що визначають ступінь забруднення – олігохет (за частотою виявлення) у відсотках до всіх виявлених видів донних організмів. Шкала вимірювань – від 0–100 %

Забрудненим водам відповідають значення від 66 до 100 %, чистим – до 60 %.

Таблиця

Відповідність індексів Гуднайта-Уїтлея індексам та зонам сапробності

Зона сапробності	Індекс сапробності Пантле й Букка	Індекс Гуднайта-Уїтлея (% , олігохет)
Олігосапробна	0,5–1,5	до 30,0
□-мезосапробна	1,5–2,5	30,0–60,0
□, □- мезосапробна	2,5–3,5	70,0–80,0
Полісапробна	3,5–4,0	80,0

Таблиця

Відповідність індексів Гуднайта-Уїтлея екологічним індексам якості води

Екологічний клас	Індекс сапробності Пантле й Букка	I_e	Індекс Гуднайта-Уїтлея (% , олігохет)
I	0,7	1,0	15,0

II	1,4	3,0	30,0
III	2,2	8,0	45,0
IV	3,3	21,0	66,0
V	> 3,3	> 21,0	> 66,0

Для визначення індексу сапробності за фітопланктоном у модифікації Пантле й Букка необхідно провести відбір проб води з різних шарів водойми. Проби води фільтрують і піддають мікроскопічному дослідженню.

Індекс сапробності за фітопланктоном у модифікації Пантле й Букка розраховують за формулою:

$$f = \frac{\sum (Sh)}{\sum h}$$

Для статичної достовірності потрібно, щоб у пробі було не менше 12 індикаторних видів із загальною сумою трапляння $h=30$.

У мікроскопічному дослідженні підраховують кількість клітин різних видів фітопланктону у певному об'ємі води.

За результатами мікроскопічного дослідження кожному виду фітопланктону надають певну сапробну оцінку, яка залежить від його чутливості до забруднення.

Таблиця

№ з/п	Індикаторні організми	S	h	S·h
1	<i>Euglena viridis</i>	4	1	
2	<i>Vorticella convalaria</i>	3	3	
3	<i>Zooglea ramigera</i>	4	5	
4	<i>Oscillatoria purriola</i>	4	1	
5	<i>Glosterium acerosum</i>	3	3	
6	<i>Stentor couruleus</i>	3	7	
7	<i>Jarve saratiomys</i>	3	1	
8	<i>Paramecium bursaria</i>	2	3	
9	<i>Spirogira crassa</i>	2	5	
10	<i>Cladophora crispate</i>	2	7	

11	Cyclotella bocanica	1	1	
12	Tabellaria flocculosa	1	3	
13	Planaria gonosephala	1	5	
14	Jehahea annulata	1	7	
			$\sum h =$	$\sum S \cdot h =$

Висновок: $f =$; зона сапробності.

Ксеносапробна зона поділяється за індексом сапробності на п'ять класів: I клас (0–0,50), олігосапробна – II клас (0,57–1,50), бета-мезосапробна – III клас (1,51–2,50), альфа-мезосапробна – IV клас (2,50–3,50), полісапробна – V клас (3,51–4,00). Визначення індексу Вудівісса застосовується для біотестування поверхневих водних об'єктів, зокрема мілководних та не широких річок із розвиненою водною рослинністю.

Система сапробності надає можливість відслідковувати черговість виникнення та повторного зникнення організмів, водоростей, найпростіших мікробезхребетних і риб, залежно від впливу забруднюючих речовин. Основу досліджень Вудівісса становить частота виявлення бентосних мікробезхребетних організмів у пробах води, таких як веснянки, одноденки, ручейники, тубіфіциди.

Біотичний індекс Вудівісса змінюється від 1 до 10, відображаючи різний ступінь забруднення води, де 1–4 вказує на забруднені води, а 4,5–10 вказує на чисті води. Згідно екологічної класифікації річкових вод, значення біотичного індексу Вудівісса менше 4,5 вказує на забруднені води, а більше 4,5 до 10,0 вказує на чисті води. Значення індексів таксономічних груп наведено в таблиці. Розрахунок індексу Вудівісса проводиться за відповідною формулою.

$$I_{\text{Вудівісса}} = \sum x_i / n, \text{ де } x_i - \text{значення індексів}$$

індикаторних організмів; n – кількість виявлених індикаторних організмів.

Визначення індексу Гуднайта-Уїтлей за великими таксонами включає проведення бентосної індикації для оцінки стану водного об'єкта. Гуднайт та Уїтлей використовують дані щодо олігохет (за частотою виявлення) у відсотках від загальної кількості виявлених видів донних організмів. Шкала вимірювань розташована від 0 до 100%.

Згідно з цією шкалою, води вважаються забрудненими, якщо значення індексу знаходиться в діапазоні від 66 до 100%. Навпаки, води вважаються чистими, якщо індекс не перевищує 60% (див. таблицю).

Таблиця

**Відповідність індексів Гуднайта-Уїтлея індексамта
зонам сапробності**

Зона сапробності	Індекс сапробності Пантле й Букка	Індекс Гуднайта-Уїтлея (% , олігохет)
Олігосапробна	0,5–1,5	до 30,0
□-мезосапробна	1,5–2,5	30,0–60,0
□, □- мезосапробна	2,5–3,5	70,0–80,0
Полісапробна	3,5–4,0	80,0

Таблиця

**Відповідність індексів Гуднайта-Уїтлея екологічним індексам якості
води**

Екологічний клас	Індекс сапробності Пантле й Букка	I_e	Індекс Гуднайта-Уїтлея (% , олігохет)
I	0,7	1,0	15,0
II	1,4	3,0	30,0
III	2,2	8,0	45,0
IV	3,3	21,0	66,0
V	> 3,3	> 21,0	> 66 0

Контрольні запитання

1. Як Ви розумієте трофічні зв'язки у водному середовищі?
2. Як розрахувати індекс сапробності за фітопланктоном?
3. Як розрахувати індекс Вудівісса?
4. Як розрахувати індекс Гуднайта-Уїтлея?

Лабораторна робота № 13

Тема: Розчинений Оксиген як показник екологічного стану водойм

Мета: ознайомитися з методикою визначення умісту розчиненого Оксигену в різних пробах води; навчитися установлювати значення розчиненого Оксигену в самоочисній здатності водойм.

Хід роботи

1. Ознайомитись з правилами техніки безпеки, яких необхідно дотримуватися при виконанні роботи.

2. Відібрати пробу. Для відбору проб використовують відкалібровані кисневі склянки або бюкси. Для цього попередньо зважують суху порожню склянку з точністю до 0,01 г, потім заповнюють її по вінця дистильованою водою, закривають корком так, щоб не залишилось у воді бульбашок повітря і витирають досуха.

Склянку повторно зважують. Різниця між вагою заповненого і порожнього посуду буде становити об'єм склянки V в мл, а значить і об'єм води, взятої для дослідження:

$$V = (m_1 - m_2) / \rho,$$

де m_1 і m_2 – відповідно маса склянки з водою та без неї, г; ρ – густина води при температурі зважування, г/см³ (в інтервалі температур 15–20° С можна прийняти $\rho=1$).

На місці відбору проба відбирається в кисневу склянку і там же безпосередньо консервується додаванням 2 мл $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ і 2 мл KI, якщо визначення не буде проводитись в день відбору проби. Подальше визначення розчиненого Оксигену проводиться в лабораторії.

3. Провести визначення розчиненого Оксигену.

В кисневу склянку або бюкс, що заповнені доверху досліджуваною водою, ввести окремими піпетками 1 мл 1 моль/л розчину манган сульфату та 1 мл лужного розчину калій іодиду (15 г KI розчинити у 20 мл дистильованої води і 50 г NaOH розчинити у 50 мл дистильованої води, отримані розчини змішати і розбавити до 100 мл, якщо розчин каламутний, його відфільтрувати через скляну вату). Для цього наповнену піпетку занурити до половини кисневої склянки і в міру витікання розчину піпетку піднімати. Потім склянку швидко закрити так, щоб під пробкою не утворились бульбашки повітря, і вміст ретельно перемішати, перевертаючи склянку. При цьому утворюється осад манган (II) гідроксиду, який частково окислюється розчиненим у воді киснем. Дати можливість осаду осісти на дно склянки і залишити його відстоюватись не менше ніж 10 хв., потім додати із піпетки 5 мл розбавленої (1:4) сульфатної кислоти. Кисневу склянку знову закрити корком і вміст її перемішати, перевертаючи склянку кілька разів догори дном. При цьому іодид окиснюється до іоду, а осад манган гідроксиду розчиняється. Через 5 хвилин відібрати піпеткою 50 мл розчину, перенести у конічну колбу на 250 мл і титрувати розчином натрій тіосульфату, доки розчин не стане світло-жовтим. Після цього додати 1 мл 0,5 % розчину

крохмалю і продовжувати титрувати до знебарвлення синього кольору.

Розрахувати уміст розчиненого Оксигену $C(O_2)$ у пробі води в мг/л, користуючись формулою:

$$C(O_2) = \frac{a \cdot K \cdot 8 \cdot 1000}{V_1 - V_2},$$

де: a – об'єм розчину натрій тіосульфату, витраченого на титрування проби, мл; K – коефіцієнт реальної молярності натрій тіосульфату для досягнення точно 0,01 М; 8 – молярна маса еквівалентного Оксигену; 1000 – коефіцієнт перерахунку при використанні 0,01 М натрій тіосульфату; V_1 – об'єм кисневої склянки, в яку відбиралась вода, мл; V_2 – загальний об'єм реактивів, доданих в кисневу склянку при фіксації розчиненого Оксигену, мл.

Ступінь насичення води розчиненим оксигеном (O_2) в % визначають за формулою:

$$O_2 = \frac{C_1 \cdot 100}{C_2},$$

де: C_1 – знайдена концентрація Оксигену в мг/л; C_2 – рівноважна концентрація Оксигену в мг/л при температурі води, взятої для аналізу, та атмосферного тиску 760 мм.рт.ст.

При нормальному атмосферному тиску ($P = 760$ мм.рт.ст.) користуються табл. Якщо атмосферний тиск відхиляється від значень нормального тиску, то в такому випадку дані, отримані з табл., перераховують за формулою:

$$O_2 = \frac{C_1 \cdot 100}{C_2},$$

де: O_p – розчинність Оксигену при нормальному атмосферному тиску, мг/л; O – розчинність Оксигену при тиску P , мг/л; P – атмосферний тиск, мм.рт.ст.

Таблиця

Рівноважна концентрація Оксигену для обчислення насичення Оксигеном

t° C	Розчинений Оксиген, мг/л									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,6 5	14,6 1	14,5 7	14,5 3	14,4 9	14,4 5	14,4 1	14,3 7	14,3 3	14,2 9
1	14,2 5	14,2 1	14,1 7	14,1 3	14,0 9	14,0 5	14,0 2	13,9 8	13,9 4	13,9 0

2	13,8 6	13,8 2	13,7 9	13,7 5	13,7 1	13,6 8	13,6 4	13,6 0	13,5 6	13,5 3
3	13,4 9	13,4 6	13,4 2	13,3 8	13,3 5	13,3 1	13,2 8	13,2 4	13,2 0	13,1 7
4	13,1 3	13,1 0	13,0 6	13,0 3	13,0 0	12,9 6	12,9 3	12,8 9	12,8 6	12,8 2
5	12,7 9	12,7 6	12,7 2	12,6 9	12,6 6	12,6 2	12,5 9	12,5 6	12,5 3	12,4 9
6	12,4 6	12,4 3	12,4 0	12,3 6	12,3 3	12,3 0	12,2 7	12,2 4	12,2 1	12,1 8
7	12,1 4	12,1 1	12,0 8	12,0 6	12,0 2	11,9 9	11,9 6	11,9 3	11,9 0	11,8 7
8	11,84	11,81	11,7 8	11,75	11,72	11,7 0	11,6 7	11,64	11,61	11,58
9	11,55	11,52	11,4 9	11,47	11,44	11,4 1	11,3 8	11,35	11,33	11,30
10	11,27	11,24	11,2 2	11,19	11,16	11,1 4	11,1 1	11,08	11,06	11,03
11	11,0	10,98	10,8 5	10,93	10,90	10,8 7	10,8 5	10,82	10,80	10,77
12	10,75	10,72	10,7 0	10,67	10,65	10,6 2	10,6 0	10,57	10,55	10,52
13	10,50	10,48	10,4 5	10,43	10,40	10,3 8	10,3 6	10,33	10,31	10,28
14	10,26	10,24	10,2 2	10,19	10,17	10,1 5	10,1 2	10,10	10,08	10,06
15	10,03	10,01	9,99	9,97	9,95	9,92	9,90	9,88	9,86	9,84
16	9,82	9,79	9,77	9,75	9,73	9,71	9,69	9,67	9,65	9,63
17	9,61	9,58	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,44	9,42
18	9,40	9,38	9,36	9,34	9,32	9,30	9,29	9,27	9,25	9,23
19	9,21	9,19	9,17	9,15	9,13	9,12	9,10	9,08	9,06	9,04
20	9,02	9,00	8,98	8,97	8,95	8,93	8,91	8,90	8,88	8,86
21	8,84	8,82	8,81	8,79	8,77	8,75	8,74	8,72	8,70	8,60
22	8,67	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58	8,56	8,55	8,53	8,52
23	8,50	8,48	8,46	8,45	8,43	8,42	8,40	8,38	8,37	8,35
24	8,33	8,32	8,30	8,29	8,27	8,25	8,24	8,22	8,21	8,19
25	8,18	8,16	8,14	8,13	8,11	8,10	8,08	8,07	8,05	8,04
26	8,02	8,01	7,99	7,98	7,96	7,95	7,93	7,92	7,90	7,89
27	7,87	7,86	7,84	7,83	7,81	7,80	7,78	7,77	7,75	7,74
28	7,72	7,71	7,69	7,68	7,66	7,65	7,64	7,62	7,61	7,59
29	7,58	7,56	7,55	7,54	7,52	7,51	7,49	7,48	7,47	7,45
30	7,44	7,42	7,41	7,40	7,38	7,37	7,35	7,34	7,32	7,31

1. Результати дослідження занести до табл.

Результати дослідження

Досліджувані зразки води	Вага порожньої кисневої склянки, г	Вага кисневої склянки з водою, г	Об'єм кисневої склянки, г	Об'єм розчину натрій тіосульфату, взятий на титрування, мл	Уміст розчиненого Оксигену, мг/л

2. Порівняти отримані результати з нормативами.

Контрольні запитання

1. Яка методика відбору проб води для визначення концентрації розчиненого Оксигену?
2. В чому полягає суть методу визначення концентрації розчиненого Оксигену у водоймі?
3. Чому концентрація розчиненого Оксигену у воді є якісним показником самоочисної здатності водойм?
4. Від чого залежить насиченість водойм киснем?
5. Як впливає температура, уміст органічних сполук, метеочинники на насиченість водойм розчиненим Оксигеном?
6. Які Ви можете запропонувати заходи щодо збільшення концентрації розчиненого Оксигену у воді?

Лабораторна робота № 14

Тема: Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними критеріями

Мета: оволодіти методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями

Хід роботи

Екологічна оцінка якості вод – це інструмент, який дозволяє оцінити стан водної екосистеми та придатність води для конкретних цілей використання. Ця оцінка здійснюється на основі аналізу показників складу та властивостей води, що встановлюються екологічною класифікацією.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод використовується для:

- з'ясування тенденцій її змін у часі та просторі;
- визначення впливу антропогенного навантаження на екосистеми

водних об'єктів;

- оцінки змін стану водних ресурсів;
- вирішення економічних та соціальних питань, пов'язаних із забезпеченням охорони довкілля;
- інформування громадськості.

Критеріальною базою екологічної оцінки є екологічна класифікація якості поверхневих вод, яка здійснюється за екосистемним принципом. Необхідна повнота і об'єктивність характеристики якості поверхневих вод досягається досить широким набором гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних та інших показників, що відображають особливості абіотичної та біотичної складових водних екосистем.

Екологічну класифікацію можна проводити за певними якісними ознаками об'єктів або за їх числовими значеннями, які називаються критеріями. Критерії якості води – це показники її складу та властивостей, які вимірюються у кількісних одиницях. Кожен критерій має свій клас та категорію, які відповідають певному інтервалу його значень.

Комплекс показників екологічної класифікації якості поверхневих вод включає *загальні* та *специфічні* показники. *Загальні показники* – це показники *сольового складу* і *трофо-сапробності* вод, що характеризують звичайні властиві водних екосистем, концентрації яких можуть змінюватися під впливом господарської діяльності. *Специфічні показники* характеризують вміст у воді забруднюючих речовин *токсичної* і *радіаційної дії*.

Система екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв України базується на аналізі трьох блоків показників:

Блок показників сольового складу дозволяє оцінити солоність води та її хімічний склад.

Блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників дозволяє оцінити ступінь забруднення води органічними речовинами та життєдіяльністю мікроорганізмів.

Блок специфічних показників токсичної та радіаційної дії дозволяє оцінити ступінь забруднення води токсичними речовинами та радіонуклідами.

Оцінка сольового складу поверхневих вод передбачає наступне:

Визначення мінералізації води – це визначення загальної кількості розчинених у воді речовин.

Визначення класу, групи та типу вод за іонним складом дозволяє оцінити ступінь солоності води та її походження.

Оцінка якості прісних та солонуватих вод за вмістом компонентів сольового складу дозволяє оцінити ступінь антропогенного забруднення води. Класифікація якості поверхневих вод за критерієм *мінералізації* (табл. 1) має три класи і підпорядковані їм сім категорій якості води:

– клас *прісних* вод (I) з двома категоріями – гіпогалинних (1) і олігогалинних (2) вод;

– клас *солонуватих* вод (II) з трьома категоріями – □- мезогалинних (3),

□-мезогалинних (4) і полігалинних (5) вод;

– клас *солоних* вод (III) з двома категоріями – еугалинних (6) і ультрагалинних (7) вод.

Таблиця 1

Класифікація якості поверхневих вод за критерієм мінералізації

Клас якості	Прісні води (I)		Солонуваті води (II)			Солоні води	
	Гіпо-галинні (1)	Оліго-галинні (2)	□-мезо-галинні (3)	□-мезо-галинні (4)	Полі-галинні	Еугалинні (6)	Ультра-галинні (7)
Мінералізація, г/л (‰)	□0,50	0,51-1,00	1,01-5,00	5,01-18,0	18,01-30,0	30,01-40,0	>40,00

Класифікація якості поверхневих вод за критеріями *іонного складу* поділяє їх на три класи за аніонним складом – *гідрокарбонатні, сульфатні та хлоридні*, кожен з яких, в свою чергу, диференціюється на три групи за катіонним складом – *кальцієві, магнієві та натрієві*, тобто існує дев'ять категорій вод за іонним складом (табл.2). Крім того, певні категорії вод за іонним складом поділяються також на чотири типи за кількісним співвідношенням іонів.

Сольовий склад поверхневих вод оцінюють за сумою іонів та окремими інгредієнтами. Клас води визначають за переважаючими аніонами, групи – за переважаючими катіонами, типи вод – за співвідношенням між іонами (в еквівалентах):

- I – $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$;
- II – $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$;
- III – $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ або $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$;
- IV – $\text{HCO}_3^- = 0$.

Таблиця 2

Класифікація якості поверхневих вод за критеріями іонногоскладу

Клас	Гідрокарбонатні (C)			Сульфатні (S)				Хлоридні (Cl)		
	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	
Група	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	
Тип	I II III	I II III	I II III	I II III	II III IV	I II III	II III IV	II III IV	I II III	

Приклади позначення видів природних вод

Ca гідрокарбонатний I клас, кальцієва група, тип інший – означає, що вода містить переважно карбонат-іони (Ca^{2+} , HCO_3^-), має високий вміст розчинених речовин (мінералізація понад 1 г/л), і належить до кальцієвої групи, типу іншого.

SCl сульфатно-хлоридно-кальцієві води іншого типу – означає, що вода містить переважно сульфат-іони (SO_4^{2-}) та хлорид-іони (Cl^-), має середній вміст розчинених речовин (мінералізація від 0,5 до 1 г/л), що належить до кальцієвої

групи, типу іншого.

Оцінка якості прісних та солонуватих вод

Прісні гіпо- та олігогалинні та солонувати □-мезогалинні води оцінюють за критеріями їх забруднення компонентами сольового складу, а саме за значеннями суми іонів, хлоридів та сульфатів.

Сума іонів – це загальна кількість розчинених у воді катіонів та аніонів. Вона характеризує загальну мінералізацію води.

Хлориди – це солі хлорної кислоти. Вони є одними з основних компонентів сольового складу вод, особливо в умовах антропогенного забруднення.

Сульфати – це солі сірчаної кислоти. Вони також є одними з основних компонентів сольового складу вод, особливо в умовах антропогенного забруднення.

Оцінка за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Залежно від значень суми іонів, хлоридів та сульфатів, прісні гіпо- та олігогалинні та солонувати □-мезогалинні води можуть бути віднесені до одного з чотирьох класів якості:

Клас А – вода високої якості, яка не зазнала антропогенного забруднення.

Клас Б – вода доброї якості, яка зазнала помірного антропогенного забруднення.

Клас В – вода середньої якості, яка зазнала значного антропогенного забруднення.

Клас Г – вода низької якості, яка зазнала сильного антропогенного забруднення. (табл.3 та 4).

Таблиця 3

Класифікація якості прісних гіпо- та олігогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Клас якості	I		II		III		IV	V
	1	2	3	4	5	6	7	
Показники, мг/л								
Сума іонів	≤500	501-750	751-1000	1001-1250	1251-1500	1501-2000	>2000	
Хлориди	≤ 20	21-30	31-75	76-150	151-200	201-300	>300	
Сульфати	≤ 50	51-75	76-100	101-150	151-200	201-300	>300	

Таблиця 4

Класифікація якості солонуватих □-мезогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Клас якості	I		II		III		IV	V
	1	2	3	4	5	6	7	
Показники, мг/л								
Сума іонів	1000-1500	1501-2000	2001-2500	2501-3000	3001-3500	3501-4000	> 4000	
Хлориди	≤ 200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	> 1200	
Сульфати	≤ 400	401-800	801-900	901-1000	1001-1100	1101-1200	> 1200	

Екологічна класифікація якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями (табл. 5) включає такі

групи показників:

- *гідрофізичні* показники – завислі речовини, прозорість;
- *гідрохімічні* показники – рН, концентрації азоту амонійного, нітритного, нітратного, фосфору фосфатів, розчиненого кисню, перманганатна та біхроматна окисності (ХСК), БСК;
- *гідробіологічні* показники – біомаса фітопланктону, індекс самоочищення-самозабруднення;
- *бактеріологічні* показники – чисельність бактеріопланктону та сапрофітних бактерій;
- *біоіндикація сапробності* – індекси сапробності за системами Пантле-Букка і Гуднайта-Уітлея.

Для забезпечення обґрунтованих висновків загальна кількість показників цього блоку повинна бути не менша 10.

Таблиця 5

Екологічна класифікація якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними критеріями)

Клас якості	I	II		III		IV	V
Категорія	1	2	3	4	5	6	7
Гідрофізичні показники, мг/л							
Завислі речовини	□5	5-10	11-20	21-30	31-50	51-100	> 100
Прозорість (по диску Секкі), м	> 1,5	1,00-1,50	0,65-0,95	0,50-0,60	0,35-0,45	0,20-0,30	□0,20
Гідрохімічні показники, мг/л							
рН	6,9-7,0	6,7-6,8	6,5-6,6	6,3-6,4	6,1-6,2	5,9-6,0	□5,9
	7,1-7,5	7,6-7,9	8,0-8,1	8,2-8,3	8,4-8,5	8,6-8,7	> 8,7
Азот, мг/л							
- амонійний	□0,10	0,10-0,20	0,21-0,30	0,31-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	> 2,50
- нітритний	□0,002	0,002-0,005	0,006-0,010	0,011-0,020	0,021-0,050	0,051-0,100	> 0,10
- нітратний	□0,20	0,20-0,30	0,31-0,50	0,51-0,70	0,71-1,00	1,01-2,50	> 2,50
Фосфор фосфатів, мг/л	□0,015	0,015-0,030	0,031-0,050	0,051-0,100	0,101-0,200	0,201-0,300	> 0,300
Розчинений Оксиген, мг/л	> 8,0	7,6-8,0	7,1-7,5	6,1-7,0	5,1-6,0	4,0-5,0	□4,0
ХСК, мг/л	□9	9-15	16-25	26-30	31-40	41-60	> 60
БСК ₅ , мг/л	□1,0	1,0-1,6	1,7-2,1	2,2-4,0	4,1-7,0	7,1-12,0	> 12,0
Гідробіологічні показники							

Біомаса фітопланктону, мг/л	□ 0,5	0,5-1,0	1,1-2,0	2,1-5,0	5,1-10,0	10,1-50,0	> 50,0
Індекс самоочищення/ самозабруднення (A/R)	1,0	0,9 1,1	0,8 1,2	0,7 1,3-1,5	0,6 1,6-2,0	0,5 2,1-2,5	□ 0,5 >2,5
Бактеріологічні показники							
Чисельність бактеріо- планктону, млн.кл./см ³	□ 0,5	0,5-1,5	1,6-2,5	2,6-5,0	5,1-10,0	10,1-50,0	> 50,0
Клас якості	I	II		III		IV	V
Категорія	1	2	3	4	5	6	7
Сапробність							
- зона	олігосапробні		□-мезосапробні		□-мезосапробні		Полі-сапробні
- підзона	□-олігосапробні	□-олігосапробні	□'-мезосапробні	□''-мезосапробні	□'-мезосапробні	□''-мезосапробні	Полі-сапробні
Трофність (переважаючий тип)							
категорія	Оліготрофні	мезотрофні		евтрофні		політрофні	Гіпертрофні
підкатегорія	Оліготрофні оліго-мезотрофні	мезотрофні	Мезо-евтрофні	евтрофні	евполітрофні	політрофні	Гіпертрофні

Блок показників якості поверхневих вод за критеріями вмісту і біологічної дії специфічних речовин включає такі три спеціалізовані класифікації:

- екологічну класифікацію якості поверхневих вод за критеріями вмісту специфічних речовин *токсичної дії*;
- екологічну класифікацію якості прісних гіпо- і олігогалінних та солонуватих □-мезогалінних вод за *рівнем токсичності*;
- екологічну класифікацію якості поверхневих вод за критеріями специфічних показників *радіаційної дії*.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод за специфічними показниками *токсичної та радіаційної дії* (табл. 6) дається на підставі наявності та вмісту у воді таких інгредієнтів, як ртуть, кадмій, мідь, цинк, свинець, хром, нікель, миш'як, залізо, марганець, фториди, ціаніди, нафтопродукти, феноли (леткі), синтетичні поверхнево-активні речовини. Оцінка важких металів дається за їх загальним вмістом у воді.

Екологічна оцінка якості води в певному водному об'єкті може бути *орієнтовною і ґрунтовною*. *Ґрунтовна* узагальнююча оцінка необхідна для

переконливих, відповідальних висновків і рішень.

Орієнтовна екологічна оцінка є необхідною з розвідувальною (рекогносцирувальною) метою для надання попередніх висновків тарішень і виконується на основі разових вимірів окремих показників якості води.

Таблиця 6

Екологічна оцінка якості поверхневих вод за специфічними показниками токсичної дії

Клас якості	I		II		III		IV	V
	1	2	3	4	5	6	7	
Показники, мкг/л								
Ртуть	□0,0 2	0,02-0,05	0,06-0,20	0,21-0,50	0,51-1,0	1,01-2,5	>2,50	
Кадмій	□0,1	0,1	0,2	0,3-0,5	0,6-1,5	1,6-5,0	>5,0	
Мідь	□1	1	2	3-10	11-25	26-50	>50	
Цинк	□10	10-15	16-20	21-50	51-100	101-200	>200	
Свинець	□2	2-5	6-10	11-20	21-50	51-100	>100	
Хром (заг.)	□2	2-3	4-5	6-10	11-25	26-50	>50	
Нікель	□1	1-5	6-10	11-20	21-50	51-100	>100	
Миш'як	□1	1-3	4-5	6-15	16-25	26-35	>35	
Залізо (заг.)	□50	50-70	71-100	101-500	501-1000	1001-2500	>2500	
Марганець	□10	10-25	26-50	51-100	101-500	501-1250	>1250	
Фториди	□100	100-125	126-150	151-200	201-500	501-1000	>1000	
Ціаніди	0	1-5	6-10	11-25	26-50	51-100	>100	
Нафто-продукти	□10	10-25	26-50	51-100	101-200	201-300	>300	
Феноли (леткі)	0	□1	1	2	3-5	6-20	>20	
СПАР	0	□10	10-20	21-50	51-100	101-250	>250	

Для того, щоб отримати достовірні висновки щодо якості води, необхідно провести її всебічну оцінку. Ця оцінка складається з чотирьох етапів:

Перший етап – це збір та обробка даних про якість води.

На іншому етапі кожний показник якості води оцінюється за певним класом та категорією.

На третьому етапі оцінки якості води за окремими показниками узагальнюються для окремих блоків.

На четвертому етапі узагальнені оцінки якості води для окремих блоків об'єднуються для отримання оцінки якості води для всього водного об'єкта.

Таблиця 7

Класи і категорії якості поверхневих вод за екологічною класифікацією

Клас якості вод	I		II		III		IV	V
Категорія якості	1	2	3		4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх природним станом	Відмінні	Добрі		Задовільні		Погані		Дуже погані
	Відмінні	Дуже добрі	Добрі		Задовільні	Посередні		Дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (антропогенної забрудненості)	Дуже чисті	Чисті		Забруднені		Брудні		Дуже брудні
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті		Слабко забруднені	Помірно забруднені		Дуже брудні
Трофність (переважаючий тип)	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні		Політрофні		Гіпертрофні
	Оліготрофні-оліго-мезотрофні	Мезотрофні	Мезо-евтрофні		Евтрофні	Евполітрофні		Гіпертрофні
Сапробність	Олігосапробні		□-мезосапробні		□-мезосапробні		Полісапробні	
	□-олігосапробні	□-олігосапробні	□'-мезосапробні	□''-мезосапробні	□'-мезосапробні	□''-мезосапробні	Полісапробні	

Дані про якість води обробляються для отримання інформації про її стан. Ця інформація включає:

1. Середні значення показників якості води для різних періодів часу та місць розташування водного об'єкта.
2. Найгірші значення показників якості води, які можуть бути викликані природними чи антропогенними причинами.
3. Класи та категорії якості води для окремих показників та для всього водного об'єкта в цілому.

Визначення об'єднаної оцінки якості води для певного водного об'єкта загалом чи для окремих його ділянок полягає в обчисленні інтегрального, або екологічного індексу I_e , величина якого дорівнює середньому арифметичному значень блокових індексів:

$$I_e = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3},$$

де I_1 – індекс забруднення компонентами сольового складу; I_2 – індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників; I_3 – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Екологічний індекс якості води, як і блокові індекси, обчислюють для середніх і найгірших значень категорій окремо, він також може бути дробовим числом.

Екологічний індекс – це показник, який дозволяє оцінити та порівняти рівень екологічного благополуччя води на різних ділянках водних об'єктів, у басейнах, регіонах та Україні в цілому. Для розрахунку екологічного індексу необхідно використовувати однаковий перелік показників.

Результати екологічної оцінки якості поверхневих вод подають у вигляді таблиць, графіків та карт.

Завдання 1. На підставі гідрохімічних показників якості води річок басейну, згідно варіанту, запропонованого викладачем, встановити клас та категорію якості поверхневих вод за критерієм *мінералізації* (за табл.1).

Завдання 2. Провести класифікацію якості поверхневих вод за критеріями *йонного складу* (за табл. 2–4) та встановити відповідні позначення.

Завдання 3. На підставі гідрохімічних показників якості води річок басейну, згідно варіанту, запропонованого викладачем, встановити клас та категорію якості поверхневих вод за трофо-сапробіологічними критеріями (за табл. 5).

Завдання 4. Провести класифікацію сапробності й трофності.

Завдання 5. На підставі гідрохімічних показників якості води річок басейну, згідно варіанту, запропонованого викладачем, встановити клас та категорію якості поверхневих вод за критерієм вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії (за табл. 6).

Завдання 6. Встановити відповідні значення екологічного індексу I_e та

провести об'єднану оцінку якості води (за табл.).

Вихідні дані для виконання роботи

№ з/п	Показник	Варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Сума іонів, мг/дм ³	1019	917	805	869	786	834	701	625	619	360
2	НСО ₃ , мг/дм ³	698	587	498	564	505	480	432	366	232	145
3	SO ₄ , мг/дм ³	44,0	56,0	124	104	96,0	136	126	56,0	154	156
4	Cl, мг/дм ³	28,0	30,0	63,0	23,0	34,0	76,0	25,0	54,0	153	12,0
5	Ca, мг/дм ³	177	185	86,0	76,0	74,0	84,0	96,0	124	34,0	18,0
6	Mg, мг/дм ³	30,0	26,0	10,6	84,0	63,0	45,0	12,0	8,0	25,0	14,0
7	Na, мг/дм ³	42,0	33,0	24,0	18,0	14,0	13,0	10,0	17,0	21,0	15,0
8	Завислі речовини, мг/дм ³	3,5	6,2	12,4	22,5	42,0	2,1	7,0	13,2	24,9	58,2
9	pH (одиниць)	6,9	7,1	6,7	7,6	6,5	8,0	6,3	8,2	7,0	7,2
10	NH ₄ , мг/дм ³	0,2	0,7	0,35	0,9	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	1,6
11	NO ₂ , мг/дм ³	0,01	0,008	0,12	0,03	0,06	0,07	0,08	0,09	0,02	0,04
12	NO ₃ , мг/дм ³	0,31	0,45	0,54	0,67	0,87	0,93	1,02	1,16	2,01	1,47
13	PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,07	0,24	0,58	0,39	0,17	0,29	0,54	0,71	0,93	0,78
14	Розчинений O ₂ , мгO ₂ /дм ³	11,2	7,8	7,2	7,0	6,8	5,2	5,0	3,9	4,1	6,3
15	Прозорість, см	65	45	22	15	10	48	42	32	24	12
16	ПО, мг O ₂ /л	5,1	4,8	5,6	6,3	6,4	7,2	8,6	9,2	3,2	4,2
17	БО, мг O ₂ /л	9,2	8,9	9,6	10,1	10,4	8,6	12,3	13,4	11,8	9,5
18	БСК ₅ , мгO ₂ /дм ³	0,8	1,2	1,7	2,3	2,8	3,1	3,6	3,4	6,5	5,9
19	Cd, мкг/дм ³	0,12	0,16	0,2	0,21	0,23	0,26	0,32	0,35	0,62	0,42
20	Cu, мкг/дм ³	0,52	0,82	1,23	1,46	1,85	2,0	2,35	2,68	3,01	3,02
21	Fe, мкг/дм ³	42	25	52	65	84	99	102	356	517	1052
22	Mn, мкг/дм ³	8,5	12,3	15,2	23,4	26,7	37,1	44,2	53,2	18,2	19,7
23	Zn, мкг/дм ³	11,3	10,2	8,5	7,6	15,6	18,7	6,5	21,2	10,4	9,3
24	Ni, мкг/дм ³	0,08	0,25	0,68	0,85	1,20	6,75	12,3	18,7	1,2	0,09

25	Pb, мкг/дм ³	1,52	0,95	2,05	5,6	6,54	7,8 5	11,2	22,6	21,0	10,9
26	Cr(загал.), мкг/дм ³	2,15	3,62	0,95	1,56	6,5	4,5 6	11,2	6,85	2,56	4,89
27	Феноли, мкг/ дм ³	0,56	0,98	1,02	0	2,2	3,5	4,7	5,0	6,58	12,8
28	Нафтопродукти, мкг/дм ³	0	0,56	9,5	10,2	15,9	25, 0	54,2	78,9	112	28,9
29	СПАР, мкг/дм ³	9,5	8,5	10,2	15,6	21,0	22, 5	45,8	52,3	98,5	12,0

Контрольні запитання

1. Що включає в себе екологічна оцінка якості вод.
2. Які критерії покладені в основу екологічної класифікації якості поверхневих вод?
3. Назвати показники сольового, трофо-сапробіологічного блоку та вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії.
4. Як визначається інтегральний екологічний індекс I_e ?
5. Які етапи процедури виконання ґрунтової екологічної оцінки.
6. Яку назву мають класи і категорії якості поверхневих вод.

Лабораторна робота № 15

Тема: Біологічні компоненти водних екосистем – водорості

Мета: Ознайомитися з основними типами водоростей, їхніми морфологічними особливостями та значенням у водних екосистемах.

Хід роботи

Завдання 1. Відбирати проби води з різних водойм. Прозорі проби води використати для мікроскопічного дослідження.

До непрозорих проб води додати розчин йодиду калію і спостерігають за зміною кольору.

Здійснити мікроскопічне дослідження водоростей на препаратах, приготованих з води, відфільтрованої через паперовий фільтр.

Для приготування препарату водоростей у пробірку наливають 1-2 мл відфільтрованої води і додають 1-2 краплі розчину йодиду калію. Потім у пробірку поміщають предметне скло і накривають покривним склом.

Мікроскопічне дослідження водоростей проводять при малому збільшенні (10-40х).

Основні ознаки, за якими розрізняють різні групи водоростей, це:

Форма клітин: одноклітинні, колоніальні, багатоклітинні;

Розмір клітин: малі, середні, великі;

Забарвлення клітин: зелені, синьо-зелені, червоні, бурі;

Присутність або відсутність спеціальних органел: хлоропласти, стигми, джгути.

Завдання 2. Користуючись навчальним матеріалом, заповнити таблицю «Типові представники водоростей та біоіндикаційне значення в прісних та солоних водоймах»

Назва водорості	Особливості будови	Місцезростання	Біоіндикаційне значення
-----------------	--------------------	----------------	-------------------------

Завдання 3. Користуючись літературними джерелами та додатками, замалювати типових представників водоростей річкових й озерних водойм України.

Завдання 4. Користуючись навчальними матеріалами коротко охарактеризувати екологічні групи водоростей: планктонні, бентосні, наземні водорості, ґрунтові водорості, водорості гарячих джерел, водорості снігу і льоду, водорості солоних водойм, водорості вапнякових субстратів.

Контрольні питання

1. Назвіть типових представників водоростей прісних водойм.
2. Назвіть типових представників водоростей солоних водойм.
3. Охарактеризуйте відділ синьо-зелених водоростей.
4. Охарактеризуйте відділ золотистих водоростей.

5. Охарактеризуйте відділ жовто-зелених водоростей та назвіть типових представників.

6. Назвіть типових представників бурих водоростей та охарактеризуйте їх.

7. Назвіть типових представників діатомових водоростей та охарактеризуйте їх.

8. Охарактеризуйте відділ динофітових водоростей та назвіть типових представників.

9. Назвіть типових представників криптофітових водоростей та охарактеризуйте їх.

10. Назвіть типових представників червоних водоростей та охарактеризуйте їх.

11. Назвіть типових представників зелених водоростей та охарактеризуйте їх.

Лабораторна робота № 16

Тема: Біологічні компоненти водних екосистем – вищі водні рослини

Мета: Ознайомитися з різноманіттям вищих водних рослин. Вивчити морфологічні особливості вищих водних рослин. Визначити роль вищих водних рослин у водних екосистемах.

Хід роботи

Завдання 1. Визначити рослини, що належать до вищих на території досліджуваної водойми. Використовуючи лупу, розглянути морфологічні особливості рослин. Звернути увагу на форму листя, стебла, коренів.

Визначити, до якого виду належить кожна рослина.

Засушити рослини для гербарію.

Уклеїти гербарні зразки в альбом і позначте на них вид, дату і місце збору.

У ході роботи виявити різноманітність вищих водних рослин. Ознайомитися з їх морфологічними особливостями. Визначити, до якого виду належить кожна рослина.

Завдання 2. Здійснити розгляд морфологічних особливостей вищих водних рослин:

Листя: Листя вищих водних рослин може бути плаваючим, надводним або зануреним. Плаваючі листя мають товстий шар кутикули, щоб запобігти випаровуванню води. Надводні листя мають тонку кутикулу, щоб забезпечити газообмін. Занурені листя мають щільну кутикулу і волоски, щоб запобігти загниванню.

Стебло: Стебла вищих водних рослин можуть бути плаваючими, надводними або зануреними. Плаваючі стебла мають порожнистий серединний шар, щоб зменшити плавучість. Надводні стебла мають міцну структуру, щоб

витримувати тиск води. Занурені стебла мають щільну кутикулу і волоски, щоб запобігти загниванню.

Корені: Корені вищих водних рослин можуть бути плаваючими, надводними або зануреними. Плаваючі корені мають міцну структуру, щоб утримувати рослину на поверхні води. Надводні корені мають міцну структуру, щоб утримувати рослину у ґрунті. Занурені корені мають щільну кутикулу і волоски, щоб запобігти загниванню.

Завдання 3. Користуючись навчальним матеріалом, заповнити таблицю: «Типові представники вищих водних рослин та їх біоіндикаційне значення у водоймах».

Назва рослини	Особливості будови	Місцезростання	Біоіндикаційне значення

Завдання 4. Заповніть таблицю «Типові представники екологічних груп вищих водних рослин».

Занурені рослини	Рослини з плаваючим листям	Повітряно-водні рослини

Завдання 5. Охарактеризуйте типових представників боліт зони Полісся.

Контрольні питання

1. Назвіть основні пристосування вищих водяних рослин до проживання у водному середовищі.
2. Наведіть приклади занурених рослин.
3. Наведіть приклади рослин із плаваючим листям.
4. Наведіть приклади повітряно-водяних рослин.
5. Назвіть типових представників вищих рослин боліт.
6. Наведіть приклади рослин – індикаторів сапробності водойм.

Лабораторна робота № 17

Тема: Біологічні компоненти водних екосистем – тварини

Мета: Ознайомитися з основними групами тварин, які населяють водні екосистеми. Вивчити пристосування тварин до життя у воді. Здійснити кількісне визначення тварин у водній середовищі.

Хід роботи

Завдання 1. Бертиль опустіть у воду на глибину 0,5-1 м і зробіть кілька вертикальних рухів. Витягніть бертиль і злийте воду у банку. Використовуючи

набір для визначення зоопланктону, визначте вигляд кожної особини. Занесіть результати до таблиці.

Завдання 2. Сачок опустіть на дно водойми і зробіть кілька горизонтальних рухів. Витягніть сачок і висипте вміст на білу поверхню. Використовуючи набір для визначення бентосу, визначте вигляд кожної особини. Занесіть результати до таблиці.

Завдання 3. Для кількісного визначення планктону візьміть 10 мл води з бертиль і процідить через сито з розміром отворів 0,2 мм. Підрахуйте кількість особин у 1 мл води. Результат множте на 10 і записуйте до таблиці.

Для кількісного визначення бентосу візьміть 100 г субстрату зі дна водойми і перерахуйте кількість особин.

Результат множте на 10 і записуйте до таблиці.

Група тварин	Вид	Кількість особин	Кількість особин в 1 мл

Завдання 5. Охарактеризуйте типових хребетних водних тварин зони Полісся.

Контрольні питання

1. Назвіть основних представників безхребетних водних тварин Центрального Полісся.
2. Назвіть основних представників класу риб Центрального Полісся.
3. Назвіть основних представників водних ссавців Центрального Полісся.
4. Назвіть основних представників водоплаваючих птахів Центрального Полісся.
5. Наведіть приклади водних тварин занесених до Червоної книги України.
6. Наведіть приклади тварин, яких можна використовувати як тест об'єкти в системі біологічного моніторингу водойм.

Лабораторна робота № 18

Тема: Біотестування токсичності водного середовища за реакцією гідробіонтів

Мета: Ознайомитись з методами біотестування токсичності водної середовища. Навчитися проводити біотестування токсичності водної середовища за реакцією гідробіонтів.

Хід роботи

Водні організми є важливими об'єктами біомоніторингу, оскільки вони чутливі до зміни умов довкілля. Їхнє використання для оцінки якості води дає можливість виявити забруднення на ранніх стадіях та вжити заходів для його запобігання чи усунення.

Завдання 1 З інформаційних джерел опрацюйте інформацію, щодо

гідробіонтів, які використовуються як тест-об'єкти в системі моніторингу водойм. Заповніть таблицю

Тип організму	Представники, що використовуються для моніторингу	Характеристика	Реакція на зміну середовища
Фітопланктон			
Зообентос			
Риби			
Молюски			
Членистоногі			
Водяні рослини			

--	--	--	--

Завдання 2. Закласти дослід з біотестування якості води на прикладі проростання насіння культурних рослин (розмноження ряски малої тощо). Контроль – водопровідна відстояна вода.

Для цього необхідно підготувати насіння культурних рослин. Для цього насіння потрібно промити водою, а потім замочити у чистій воді на 12 годин.

Підготувати воду на дослідження. Для цього воду з водойми потрібно відстояти протягом 24 годин.

Наповнити пробірки відстояною водою та водою з водойми.

У шкірну пробірку помістити по 10 насіння культурних рослин. Пробірки поставити в термостат за температури 20-25 °С. Щоденно протягом тижня спостерігати за проростанням насіння.

- Проростання насіння оцінюється за такими показниками:
- Відсоток проростання насіння.
- Швидкість проростання насіння.
- Висота проростків.
- Стан проростків (здорові, пошкоджені).

Для оцінки розмноження ряски малої можна використовувати такі показники:

- Площа колоній ряски.
- Кількість нових пагонів на колонії ряски.

На підставі отриманих результатів можна зробити висновки про вплив якості води на проростання насіння культурних рослин. Якщо якість води погана, то проростання насіння буде вповільненим або відсутнім. Ряска мала також є чутливою до забруднення води. У разі забруднення води площа колоній ряски зменшується, а кількість нових пагонів на колонії знижується.

Контрольні питання

1. *Що таке біотестування?*
2. *Які гідробіонти можуть бути тест-об'єктами?*
3. *Назвати вимоги щодо утримання тест-організмів у лабораторних умовах.*
4. *Які види розрізняють серед тест-об'єктів біотестування?*
5. *Яка переносна проста апаратура використовується для біотестування?*
6. *Назвіть тест-функції, які використовуються в різних варіантах біотестування.*
7. *Що таке хронічні біотести?*
8. *Яке тестування застосовується безпосередньо у водоймах для виявлення суто екологічних наслідків токсифікації водного середовища?*

Лабораторна робота № 19

Тема: *Ставкова аквакультура та розрахунок рибної продукції*

Мета: ознайомитися із технологіями вирощування риби у ставках та способами розрахунку рибної продукції.

Хід роботи

Більшість методів обчислення величин потенційної ($P_{p-потенц.}$) та промислової ($P_{p-реальн.}$) рибної продуктивності водойми базується на результатах фактичних спостережень за рибопродукцією, морфометричними характеристиками, гідрологічним, гідрохімічним, загальним гідробіологічним та санітарно-гідробіологічними режимами на конкретних водних об'єктах, що виконуються упродовж декількох вегетаційних сезонів.

На водоймах, де немає даних про рибну продукцію, її можна оцінити за аналогією з іншими водоймами, які мають схожі характеристики.

Для цього використовують такі дані:

Валова первинна продукція фітопланктону – це кількість органічної речовини, що виробляється фітопланктоном за одну годину.

Біомаса зоопланктону – це загальна маса зоопланктону в одиниці об'єму води.

Гідролого-морфометричні характеристики водойми – це її площа, глибина, рельєф дна та інші особливості.

Гідрохімічні характеристики водойми – це її хімічний склад, кислотність та інші показники.

Температурний режим водойми.

На основі цих даних підбирається метод розрахунку рибної продукції, який був розроблений для водойм з аналогічними характеристиками.

Існують такі орієнтовні розрахунки рибної продукції за фітопланктоном та зообентосом:

За фітопланктоном:

Рибна продукція = 0,001 * валова первинна продукція фітопланктону

За зообентосом:

Рибна продукція = 0,0001 * біомаса зообентосу

Ці розрахунки є орієнтовними, оскільки вони не враховують всі фактори, що впливають на рибну продукцію. Визначення *рибної продукції за фітопланктоном* ґрунтується на залежності розміру вилову риби ($P_{p-реальн.}$, кг/(га·рік)) від величини первинної продукції фітопланктону ($P_{фп.}$, кг/(га·рік)), яка встановлена В. В. Бульоном і Г. Г. Вінбергом, та виражена наступним лінійним рівнянням

$$P_{p-реальн} = 0,001 \cdot (1,8+0,9) \cdot P_{фп.}$$

Середнє значення промислової рибної продукції дорівнює

$$P_{p-реальн} = 0,02 \cdot P_{фп.}$$

Використовуючи ці рівняння, можна визначити величину очікуваної

промислової рибної продукції у водоймі, що досліджується, при відомому значенні первинної продукції фітопланктону за рік.

На озерах та водосховищах промислом вилучається тільки частина всієї маси риби у водоймі. Коефіцієнт вилову риби (k_p) може змінюватися на різних водних об'єктах від 0,02 до 0,35, дорівнюючи пересічно 0,1.

Тому потенційна рибна продуктивність водойми ($P_{p-потенц}$, кг/(га·рік)) дорівнює

$$P_{p-потенц.} = P_{p-реальн.} / k_p.$$

З урахуванням пересічної величини коефіцієнта k_p та рівняння має наступний вигляд

$$P_{p-потенц.} = 0,2 \cdot P_{фп.}$$

Розглянемо *розрахунок рибної продукції за зоопланктоном*. Обчислення рибної продукції за зоопланктоном ґрунтується на інформації про пересічну величину біомаси зоопланктону за вегетаційний період ($B_{зп}$, кг/га). Вона у різних водоймах коливається в межах від 1 до 1000 кг/га та залежить від рівня тропності водойм та особливостей гідрологічного режиму.

Для визначення річної продукції зоопланктону за вегетаційний період ($P_{зп1}$, кг/(га·рік)) використовують Р/В-коефіцієнт (відношення річної питомої продукції безхребетних до їхньої питомої біомаси)

$$P_{зп1} = 10 \cdot B_{зп} \cdot P_{зп}/B_{зп.}$$

Розміри Р/В-коефіцієнта зоопланктону в різних водоймах коливаються від 10 до 45 у мирних видів та від 4 до 32 – у хижих планктонних ракоподібних, та пересічно становлять 23.

З урахуванням пересічної величини Р/В-коефіцієнта планктону маємо:

$$P_{зп1} = 230 \cdot B_{зп.}$$

Однак риби використовують тільки частину зоопланктону, яка складає 50–80 % всієї продукції зоопланктону у водоймі. Тому для визначення кількості зоопланктону, що йде на корм рибацям $P_{зп2}$ використовують коефіцієнт вживання зоопланктону рибацями ($k_{зп1}$), який становить 0,50–0,80.

З допомогою цього коефіцієнта частка річної продукції зоопланктону, що йде на корм рибацям, обчислюється за рівнянням:

$$P_{зп2} = k_{зп1} \cdot P_{зп1.}$$

З урахуванням попередньої рівності а також того, що $k_{зп1}$ пересічно дорівнює 0,65, рівняння буде мати вигляд:

$$P_{зп2} = 150 \cdot B_{зп.}$$

Величина потенційної рибної продуктивності (питома рибна продукція, приріст іхтіомаси) обчислюється за допомогою кормового коефіцієнта ($k_{зп2}$), що виражає відношення якості засвоєного корму (зоопланктону) до приросту іхтіологічної маси риб ($P_{p-потенц.}$):

$$P_{p-потенц.} = P_{зп2} / k_{зп2.}$$

З урахуванням рівняння (15.8) та того, що пересічне значення коефіцієнта $k_{зп2}$ (що зазвичай становить 5–10) дорівнює 7,5, рівняння буде мати такий вигляд:

$$P_{р-потенц.} = 20 \cdot V_{зп.}$$

Загальна величина промислової рибопродуктивності ($P_{р-реальн.}$) обчислюється за рівнянням:

$$P_{р-реальн.} = k_p \cdot P_{р-потенц.}$$

З урахуванням а також того, що пересічна величина виллова риби в озерах та водосховищах становить близько 0,5 % ($k_p = 0,005$), маємо:

$$P_{р-реальн.} = 0,1 \cdot V_{зп.}$$

Обчисліть величину промислової та потенційної рибної продукції за фітопланктоном у водоймі за рік. Варіанти вихідних даних для розрахунків наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Значення $P_{фп}$ згідно варіантів

№ Вар.	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$P_{фп.}$, кг/ (га·рік)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	1000

Обчисліть величину потенційної та промислової рибної продукції за зоопланктоном у водоймі за рік. Варіанти вихідних даних для розрахунків наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Значення $V_{зп}$ згідно варіантів

№ Вар.	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$V_{зп.}$, Кг/га	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	1000

Контрольні питання

1. Визначте основні риби, які вирощуються у сфері аквакультури.
2. Які різниці між повносистемним таковим рибництвом та неповносистемним?

3. *Яка форма аквакультури є найбільш контрольованою?*
4. *Як ви тлумачите термін "полікультура" в рибному господарстві?*
5. *Перерахуйте методи обчислення виробництва рибної продукції у водоймах.*
6. *Як визначити промислову рибну продуктивність водойми за рік?*

Список використаних джерел:

1. Боярин М. В. Основи гідроекології: теорія й практика: навч. посіб. / М. В. Боярин, І. М. Нетробчук. – Луцьк : Вежа-Друк, 2016. – 365 с.
2. Методичні матеріали до проведення самостійної роботи з обов'язкової освітньої компоненти «Гідрологія з основами гідроекології» для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої за освітньо-професійною програмою «Екологія»/ Уклад.: О. М. Василенко. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 41с.
3. Погребенник В.Д., Шибанова А.М., Політило Р. В. Гідроекологія. Навчальний посібник. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015 р. – 200 с.
4. В.Г. Смирнова. Гідрологія: навчальний посібник - Київ: Кондор, 2018. - 170 с.
5. Кіреєва І.Ю. Гідроекологія. Навчальний посібник. – Київ: «Центр учбової літератури», 2018. – 664 с.
6. Клименко М.О., Пилипенко Ю.В., Гроховська Ю.Р. та ін. Гідроекологія: підручник / М.О. Клименко, Ю.В. Пилипенко, Ю.Р. Гроховська, О.В. Лянзберг, О.О. Бедункова. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. –272 с.
7. Романенко В. Д. Основи гідроекології: Підручник. — К.: Обереги, 2001. — 728 с.
8. Радовенчик В.М., Іваненко О.І., Гомеля М.Д. Основи загальної гідрології та гідрометрії /Навчальний посібник/ - 2008. – 152 с.
9. 2. О.О. Єфремова, О.М. Коржук, В.В. Рибак. Основи гідрології та охорона поверхневих вод:навчальний посібник / - Львів: видавництво "Новий Світ - 2000", 2019. - 138 с.
10. 3. Л.М. Архипова, Я.О. Гідрологія: навч. посібник / – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2015. – 276 с..
11. Ющенко Ю.С. Загальна гідрологія / підручник для студентів вищих навчальних закладів /-Чернівці: Чернівецький національний університет, 2017. - 591 с.
12. Мисковець І. Я. Основи загальної гідрології: навчальний посібник. - Луцьк: ЛНТУ, 2016. – 306 с.
13. Лико С.М., Суходольська І.Л. Гідроекологія: навчальний посібник. – К.: Кондор-Видавництво, 2017. – 186 с.
14. Хижняк М.І., Євтушенко М.Ю. Гідробіологія (частина 1). – К.: Центр учбової літератури, 2018. – 461 с.
15. Хижняк М.І., Євтушенко М.Ю. Біопродуктивність водних екосистем. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 224 с.
16. Біоіндикація : конспект лекцій для студ. спец. 6.040106 – екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування / М. О. Шалімов. – О.: Наука і техніка, 2011. – 123 с.