


ЕКОЛОГІЯ ТА ЗАХИСТ АКВАТОРІЙ:

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання практичних робіт та індивідуальних
завдань



УДК 504.4 (072)
Е45

Рекомендовано Науково-методичною
радою ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №3 від 26.12.2025 р.)

Укладачі:

Єсіпова Н. Б., канд. біол. наук, доцент.,
Максимова Н.М., канд. техн. наук, доцент.

Е45 Екологія та захист акваторій : методичні рекомендації до виконання
практичних робіт та індивідуальних завдань / уклад.: Н. Б. Єсіпова,
Н. М. Максимова. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 48 с.

Методичні рекомендації містять практичні роботи та індивідуальні завдання за тематикою навчальної програми курсу і критерії їх оцінювання. За структурою практичні роботи складаються з теоретичної і практичної частини, містять приклади розрахунків, контрольні питання.

Рекомендовано для студентів спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, що вивчають дисципліну «Екологія та захист акваторій» як вибіркову дисципліну.

УДК 504.4 (072)



ЗМІСТ

ВСТУП		4
Практична робота 1	КЛАСИФІКАЦІЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА АКВАТОРІЙ	5
Практична робота 2	ОБЧИСЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВОДОВІДНОВЛЕННЯ У ЗАПЛАВНИХ ОЗЕРАХ	9
Практична робота 3	ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА СПЕЦИФІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ТОКСИЧНОЇ І РАДІАЦІЙНОЇ ДІЇ	14
Практична робота 4	БІОІНДИКАЦІЯ ВОДОЙМ ЗА СИСТЕМОЮ САПРОБНОСТІ	17
Практична робота 5	ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ У ЗОНІ ВПЛИВУ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ	24
Практична робота 6	РОЗРАХУНКИ ЗБИТКІВ ВІД СКИДУ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН У ВОДОЙМИ	29
Практична робота 7	ОСНОВИ БІОТЕСТУВАННЯ	32
Практична робота 8	БІОТЕСТУВАННЯ ВОД НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	38
	ПЕРЕЛІК ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ	43
	Індивідуальне завдання до змістового модулю №1 ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА І СТАН БІОРЕСУРСІВ ВОДОЙМ УКРАЇНИ	43
	Індивідуальне завдання до змістового модулю №2 ЗАСОБИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД І ЗАХИСТУ АКВАТОРІЙ	44
	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	45



ВСТУП

Мета дисципліни «Екологія та захист акваторій» полягає в отриманні здобувачами нових знань в галузі екології водного середовища і вирішення практичних задач, націлених на покращення екологічного стану природних водойм та захисту їх від техногенного навантаження, а також формування громадської свідомості щодо необхідності збереження якості водних екосистем. В процесі вивчення дисципліни студенти знайомляться зі сучасними проблемами гідроекології, типами забруднень водойм та їх наслідками, шляхами оздоровлення і захисту акваторій.

Практичні заняття передбачають розрахункові завдання; проблемні завдання з аналізом проблемних ситуацій і пошуком оптимальних рішень; узагальнені завдання з отриманням умінь проводити екологічний моніторинг акваторій Навчальною програмою передбачено також виконання двох індивідуальних аналітичних завдань.

У результаті виконання практичних робіт студенти отримають наступні навички:

- вміти використовувати інформаційні технології та комунікаційні мережі для природоохоронних задач;
- обґрунтовувати природозахисні технології, базуючись на розумінні механізмів впливу людини на навколишнє середовище і процесів, що відбуваються у ньому;
- вміти застосувати знання з контролю та оцінювання стану забруднення і промислових викидів, з аналізу динаміки їх зміни в залежності від умов та технологій очищення компонентів довкілля;
- здійснювати науково-обґрунтовані технічні, технологічні та організаційні заходи щодо запобігання забруднення довкілля;
- вміти обґрунтовувати ступінь відповідності наявних або прогнозованих екологічних умов завданням захисту, збереження та відновлення навколишнього середовища.

Критерії оцінювання виконання практичних робіт:

5 балів – всі розрахунки виконані вірно, відповіді на питання повні і обґрунтовані, робота оформлена акуратно, без помилок і описок;

4 бали – розрахунки виконані вірно, відповіді на питання повні і обґрунтовані, але робота оформлена неохайно, з деякими помилками і описками;

3 бали – розрахунки виконані вірно, але відповіді на питання неповні, робота оформлена неохайно;

2 бали – у розрахунках присутні деякі помилки, відповіді на питання неповні, робота оформлена неохайно;

1 бал – більше 50 % розрахунків виконані невірно, відповіді на питання неповні або відсутні.



Практична робота 1 КЛАСИФІКАЦІЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА АКВАТОРІЙ

Мета: ознайомитись з характеристикою об'єктів водного фонду України і засвоїти їх класифікацію.

Теоретична частина


Водний фонд України. Відповідно до ст. 3 Водного кодексу України, усі водні об'єкти на території України становлять її водний фонд. До водного фонду України належать три групи вод: поверхневі води (природні водойми (озера); водотоки (річки, струмки); штучні водойми (водосховища, ставки) і канали; підземні води та джерела; внутрішні морські води та територіальне море.

В залежності від правового режиму водні об'єкти поділяються на водні об'єкти загальнодержавного та місцевого значення. До водних об'єктів **загальнодержавного значення** належать: внутрішні морські води та територіальне море; підземні води, які є джерелом централізованого водопостачання; поверхневі води (озера, водосховища, річки, канали), що використовуються на території більш як однієї області, а також їх притоки всіх порядків; водні об'єкти в межах територій природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, а також віднесені до категорії лікувальних.

До водних об'єктів **місцевого значення** належать: поверхневі води, що знаходяться і використовуються в межах однієї області і які не віднесені до водних об'єктів загальнодержавного значення; підземні води, які не можуть бути джерелом централізованого водопостачання; річки, що входять до Переліку річок та водойм місцевого значення, затвердженого Наказом Державного комітету України по водному господарству «Про затвердження Переліку річок та водойм, що віднесені до водних об'єктів місцевого значення» від 3 червня 1997 р. № 41.

В залежності від своїх природних характеристик водні об'єкти поділяються на **підземні і поверхневі**. До поверхневих водних об'єктів належать **поверхневі водотоки та поверхневі водойми**. Поверхневі водотоки – це поверхневі водні об'єкти, води яких знаходяться у стані безперервного руху. До поверхневих водотоків належать річки, струмки і канали.

Річка – це водний потік звичайно великих розмірів, постійний. Річка живиться стоком атмосферних опадів з водозбірної площі, а також підземними водами. Річки, що впадають в океани, моря або озера називаються **головними**. Всі інші річки, що впадають у головні – **притоками 1 порядку**, а річки, що впадають в притоки 1-го порядку називають **притоками 2 порядку**. Головна річка разом із притоками формує **річкову систему**. Площа суші, з якої до надходить вода до річкової системи, називається **водозбірною площею**. Річкова система



разом з водозбірною площею утворює **річковий басейн**. В Україні налічується 63119 річок, у тому числі великих – 9 (Дунай, Тиса, Дністер, Південний Буг, Дніпро, Прип'ять, Десна, Сіверський Донець, Західний Буг), середніх – 81 і малих – 63029.

Серед водотоків важливе значення мають канали. **Канал** – це штучний водовід чи водотік, що створений на земній поверхні і належить до водогосподарських систем. В межах території України збудовано 7 великих каналів довжиною 1021 км з подачею по них 1000 куб. м води за секунду, 10 водоводів великого діаметру, якими вода надходить у маловодні регіони України. **Струмки** є невеликими водотоками, що беруть початок від джерел.

До **поверхневих водойм** належать озера, водосховища та ставки. Відповідно до ст. 1 Водного кодексу України, **водойма** – це безстічний або із сповільненим стоком поверхневий водний об'єкт, **водосховище** – це штучна водойма місткістю більше 1 млн. куб. м, збудована для створення запасу води та регулювання її стоку. Згідно статті 1 Водного кодексу України, **озеро** – це природна западина суші, заповнена прісними або солоними водами. **Ставок** – це штучно створена водойма місткістю не більше 1 млн. куб. м.

Моря поділяються на відкриті та внутрішні. Чорне море і Азовське моря – до внутрішнього типу. В свою чергу, моря за своїм державно-правовим значенням поділяють на внутрішні і територіальні, що безпосередньо визначає їх правовий режим. Територіальне море України – прибережні морські води шириною 12 морських миль, відлічуваних від лінії материкової зони. У межах України знаходяться 14 основних **лиманів і естуаріїв** загальною площею 1,952 тис. кв. км, 8 **заток** площею 1,77 тис. кв. км, 19 **приморських водно-болотних угідь** загальною площею 635 тис. га.

Підземні водні об'єкти є невід'ємною складовою водного фонду України. До підземних водних об'єктів відносяться: водоносний горизонт; басейн підземних вод; родовище підземних вод; природний вихід підземних вод. В свою чергу, кожен з підземних водних об'єктів за загальними ознаками поділяється на три розряди: в залежності від видів (постійні, тимчасові), категорій (мала, середня, велика), глибин залягання (до 50 м, 157 від 50 до 300 м, більше 300 м). Визначені підземні водні об'єкти можуть поділятися також в залежності від площі, потужності і підземного стоку.

Згідно «Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер» (17.03.1992 р.), "**транскордонні води**" означає будь-які поверхневі або підземні води, які перетинають кордони між двома чи більше державами або знаходяться на таких кордонах. Порядок користування транскордонними водами передбачений, як правило, міжнародними договорами.

Практична частина

Завдання 1. Класифікувати водні об'єкти, представлені в таблиці 1, за відповідними категоріями позначкою «+».

Таблиця 1.1 – Класифікація водних об'єктів

Водні об'єкти	Поверхневі		Значення		Підземні води	Транскордонні води
	водотоки	водойми	загальнодержавне	місцеве		
Великі дніпровські водосховища						
Карачунівське водосховище						
Озеро Сасик						
Р. Дунай						
Р. Дністер						
Р. Південний Буг						
Р. Коноплянка (Дніпропетровська обл.)						
Північно-Кримський канал						
Канал Дніпро-Інгулець						
Азовське море						
Мінерально-лікувальне озеро «Солоний лиман»						
Ставки об'ємом до 1 млн. куб. м.						
Юрський горизонт водозабору (Київська обл.)						
Лужанське мінеральне джерело						
Водовод Дністер-Одеса						

Завдання 2. Надати морфологічну характеристику водним об'єктам, зазначеним у табл. 1.2.


Таблиця 1.2 – Морфологічна характеристика водних об'єктів України

Водні об'єкти	Водойми			Річки			Водотоки: довжина (км) і призначення
	площа, км ²	глибина серед, м	глибина макс., м	головна	приточна (I, II пор.)	довжина, м	
Чорне море							
Азовське море							
Дніпровське водосховище							
Р. Самара							
Р. Інгулець							
Р. Дністер							
Канал Дніпро-Донбас							
Канал Дніпро-Інгулець							

Висновки. Зазначити основні екологічні проблеми морських водних об'єктів і великих дніпровських водосховищ України.

Контрольні питання

1. З яких об'єктів складається водний фонд України?
2. Які річки відносяться до головних, притоків I і II порядків?
3. Що таке водозбірна площа?
4. Які водні об'єкти відносяться до поверхневих водойм?
5. Чим відрізняються ставки від водосховищ?



Практична робота 2

ОБЧИСЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВОДОВІДНОВЛЕННЯ У ЗАПЛАВНИХ ОЗЕРАХ

Мета: навчитися розраховувати коефіцієнт водовідновлення та зміни у хімічному складі води заплавної водойми.

Теоретична частина

У більшості заплавних водойм надходження і відтік води при водообміні з річковою системою відбувається по протоках. Розрахунок водовідновлення заплавних водойм пов'язаний з тим, що не завжди інтенсивний водообмін сприяє покращанню екологічного стану озера та поліпшенню якості води в ньому. Це відбувається тоді, коли річкові води, за рахунок яких йде водообмін, мають великі концентрації забруднюючих хімічних речовин, що може викликати погіршення якості води заплавних озер та привести до занепаду даної водної екосистеми.

Для якісної оцінки інтенсивності водообміну використовують коефіцієнт водовідновлення ($K_{ВВ}$).

Уявімо, що перед початком надходження річкової води у водойму рівень води в річці дорівнює рівню води в заплавному озері ($H_p = H_o$). Об'єм води в озері складає W_o , а концентрація якоїсь забруднюючої речовини в озерній воді дорівнює S_o , в річковій воді – S_p , а у воді протоки – $S_{пр}$, при цьому, $S_{пр} \approx S_p$ (рис. 2.1, а).

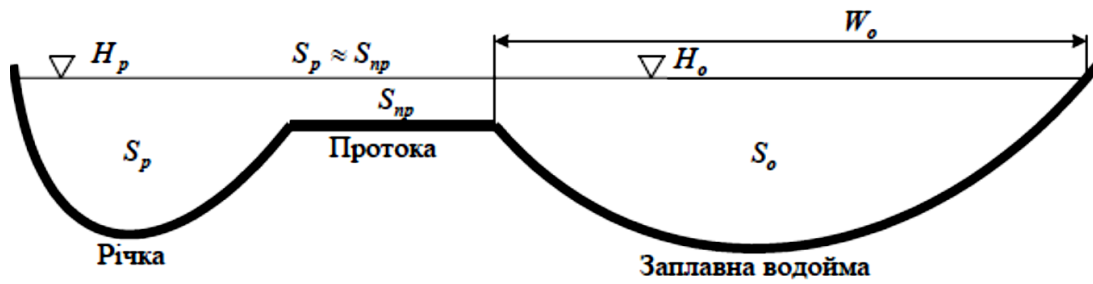
За час, коли в річковій системі йде підйом рівня води (рис. 2.1, б), тобто $H_p > H_o$, у заплавну водойму надходить обсяг річкової води $W_{прит}$, з концентрацією забруднюючої речовини $S_{прит}$ ($S_{прит} \approx S_p \approx S_p$).

У процесі наповнення водойми межа між “старою” і “новою” водою через перемішування “розмивається”, отже формується область змішаної води, об'єм якої складає $W_{зміш}$, а концентрація забруднюючої речовини дорівнює $S_{зміш}$, значення якої визначається за рівнянням (1):

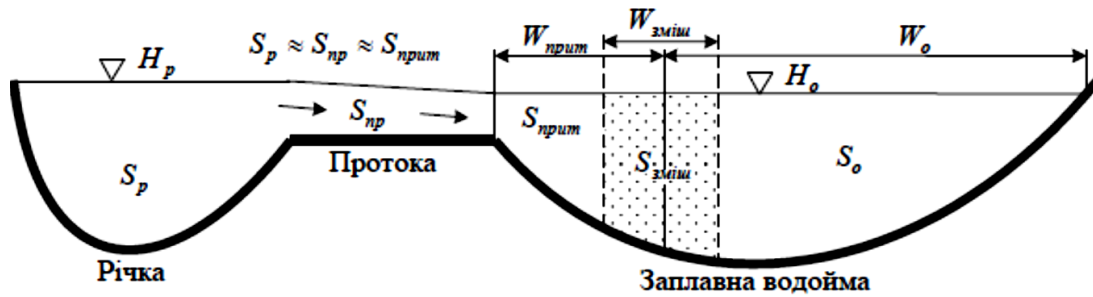
$$S_{зміш} = 0,5 \times (S_o + S_{прит}) \quad (2.1)$$

Після спаду рівня води в річці до значення H_p , тобто до того яке спостерігалось перед підйомом рівня та відтоку води з водойми, половина змішаної води покидає водойму, залишивши в озері об'єм, що складає $0,5 \times W_{зміш}$, а інший простір займає “стара” вода (рис. 2.1, в).

а) $H_p = H_o$ (до початку притоку води)



б) $H_p > H_o$ (в період притоку води)



в) $H_p = H_o$ (після відтоку води)

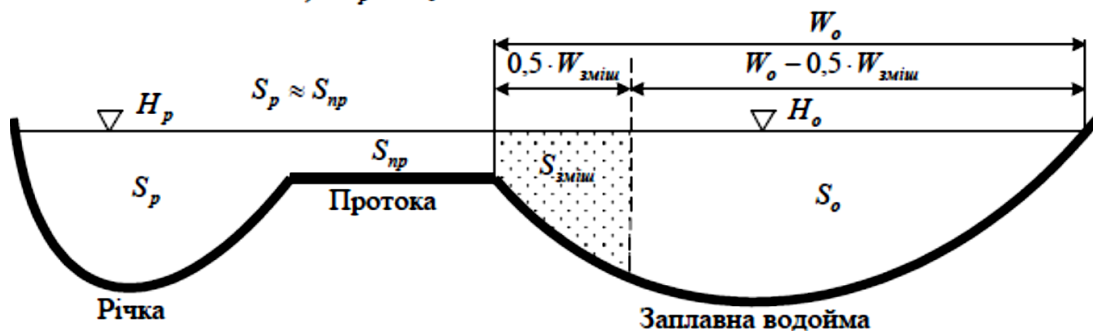


Рисунок 2.1 – Схема водовідновлення заплавної водойми

Враховуючи те, що в кінці циклу притоку-відтоку води, у водоймі залишається початкова кількість води W_o , то загальну кількість забруднюючої речовини у водоймі в цей момент часу ($S_o \times W_o$) можна визначити за допомогою рівняння (2):

$$S_o \times W_o = S_o \times (W_o - 0,5 \times W_{зміш}) + S_{зміш} \times 0,5 \times W_{зміш} \quad (2.2)$$

Після перетворень рівняння (2.1) з врахуванням рівняння (2.2), одержуємо рівняння (2.3) для розрахунку коефіцієнту водовідновлення ($K_{ВВ}$):

$$K_{ВВ} = 0,25 \times \frac{W_{зміш}}{W_o} \quad (2.3)$$

Об'єм води, в якому за період циклу притоку-відтоку відбувається змішування обчислюється за рівнянням (2.4):

$$W_{\text{зміш}} = L_{\text{зміш}} \times B_0 \times (h_{\text{сер}} + 0,5 \times \Delta H_0) \quad (2.4)$$

- де B_0 – середня ширина заплавної водойми (м);
 $h_{\text{сер}}$ – середня глибина заплавної водойми перед початком циклу притоку-відтоку (м);
 ΔH_0 – величина підйому рівня води у водоймі при наповненні (м);
 $L_{\text{зміш}}$ – довжина зони змішування води між межами “старої” та “нової” води в озері (м)

Довжина зони змішування води залежить від інтенсивності та тривалості процесу перемішування і визначається за рівнянням (2.5):

$$L_{\text{зміш}} = 2 \times \frac{Kl \times T}{B_0} \quad (2.5)$$

- де T – тривалість циклу притоку-відтоку води, яка для водойм Нижнього Дніпра дорівнює: $T = T_{\text{прит}} + T_{\text{відт}} = 12$ годин;
 Kl – коефіцієнт горизонтального турбулентного перемішування (м²/год), який в середньому, для водойм Нижнього Дніпра, складає 864 м²/год.

З урахуванням (2.4) і (2.5) та після перетворень рівняння (2.3) буде мати вигляд рівняння (2.6):

$$K_{\text{ВВ}} = 432 \times T \times \left[\left(1 + 0,5 \times \frac{W_{\text{прит}}}{W_0} \right) : F_0 \right] \quad (2.6)$$

Після визначення $K_{\text{ВВ}}$ за рівнянням (2.6), можна розрахувати концентрацію забруднюючої хімічної речовини (S_0^*), яка буде спостерігатися у водоймі після закінчення циклу притоку-відтоку води, трансформувавши рівняння (2.3) у рівняння (2.7):

$$S_0^* = K_{\text{ВВ}} \times (S_{\text{прит}} - S_0) + S_0 \quad (2.7)$$

Характеристики озер і приток представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики заплавних озер і приток Нижнього Дніпра

Номер варіанту	Площа озера, км ² (F_o)	Об'єм озера, млн. м ³ (W_o)	Об'єм притоку води, м ³ ($W_{прит}$)
1	5,40	9,72	32805
2	1,80	3,60	11234
3	2,06	2,68	96730
4	1,68	1,68	87583
5	1,66	1,66	88903
6	1,31	1,44	83734
7	0,70	0,84	72503
8	0,54	0,59	56778
9	0,21	0,42	48223
10	0,56	0,34	41664

Концентрації деяких розчинених хімічних речовин у річкових та озерних водах Нижнього Дніпра наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Концентрації кисню і мінералізація у річках та заплавних озерних Нижнього Дніпра

Номер варіанту	$S_p(O_2)$	$S_o(O_2)$	$S_p(M)$	$S_o(M)$
	мгО ₂ /дм ³		мг/дм ³	
1	70,0	13,1	480	210
2	75,0	13,7	495	290
3	65,0	16,5	507	280
4	59,0	10,3	512	280
5	56,7	12,8	523	300
6	49,7	9,2	530	303
7	60,3	7,83	539	270
8	72,3	6,98	546	290
9	45,6	7,25	562	280
10	48,7	5,11	570	310

Практична частина

Розрахуйте значення коефіцієнту водовідновлення ($K_{ВВ}$) та концентрації кисню і мінералізації після закінчення циклу притоку-відтоку води однієї з заплавних водойм. Обчислення виконуйте за варіантами даних в табл. 2.1 і 2.2.

Вихідні дані:

- 1) об'єм притоку води до заплавної водойми ($W_{прит}$);
- 2) морфометричні характеристики заплавних озер (табл. 2.1);

- 3) період циклу притоку-відтоку води (T , год);
4) концентрації кисню і мінералізації у річках та заплавних озерах Нижнього Дніпра (табл. 2.2).

Приклад. Розрахунок значення коефіцієнту водовідновлення заплавної водойми ($K_{ВВ}$) та концентрації кисню $So^*(O_2)$ і мінералізації $So^*(M)$ після закінчення циклу притоку-відтоку води виконується для озера варіанту №10.

Початкові дані:

- 1) $W_{прит} = 41664 \text{ м}^3$;
- 2) $W_o = 0,34 \text{ млн.м}^3 = 340000 \text{ м}^3$;
- 3) $F_o = 0,56 \text{ км}^2 = 560000 \text{ м}^2$;
- 4) $T = 12 \text{ год}$;
- 5) $S_{прит}(O_2) = S_p(O_2) = 48,7 \text{ мг}O_2 / \text{дм}^3$, $S_o(O_2) = 5,11 \text{ мг}O_2 / \text{дм}^3$;
- 6) $S_{прит}(M) = S_p(M) = 570 \text{ мг} / \text{дм}^3$, $S_o(M) = 310 \text{ мг} / \text{дм}^3$.

Розрахунок виконується у наступній послідовності:

- 1) за рівнянням (2.6) обчислюємо $K_{ВВ}$:

$$K_{ВВ} = 432 \times 12 \times \left[\left(1 + 0,5 \times \frac{41664}{340000} \right) : 560000 \right] \approx 0,005$$

- 2) за рівнянням (2.7) обчислюємо $So^*(O_2)$ і $So^*(M)$:

$$So^*(O_2) = 0,005 \times (48,7 - 5,11) + 5,11 \approx 5,33 \text{ мг}O_2 / \text{дм}^3;$$

$$So^*(M) = 0,005 \times (570 - 310) + 310 \approx 311 \text{ мг} / \text{дм}^3$$

Висновок. Величина коефіцієнту водовідновлення в заплавному озері склала $K_{ВВ} = 0,005$. Вона свідчить про те, що за один дванадцятигодинний цикл притоку-відтоку води, тільки 0,5 % “старої” – озерної води, було замінено на “нову” – змішану річково-озерну. Однак, навіть при такому значенні водовідновлення спостерігаються зміни в концентраціях розчинених хімічних речовин по завершенню циклу водообміну: концентрація розчиненого кисню збільшилася до значення $5,33 \text{ мг}O_2 / \text{дм}^3$, а мінералізації – до $311 \text{ мг} / \text{дм}^3$.

Контрольні питання

1. Що таке заплавне озеро?
2. З якою метою розраховують коефіцієнт водовідновлення заплавних водойм?
3. Які дані враховують при розрахунку коефіцієнту водовідновлення?

Практична робота 3

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА СПЕЦИФІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ТОКСИЧНОЇ І РАДІАЦІЙНОЇ ДІЇ

Мета: навчитися робити екологічну оцінку якості води за класами і категоріями якості на підставі даних гідроекологічного аналізу.

Теоретична частина

Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв за специфічними показниками токсичної і радіаційної дії виконується за кожним показником окремо. Ці разові значення окремих показників якості води зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в таблицях системи екологічної класифікації (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Класифікація якості поверхневих вод за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії

Показник	Клас якості вод						
	I	II		III	IV	V	
	Категорія якості вод						
	1	2	3	4	5	6	7
Залізо загальне (основна шкала), мкг/дм ³	<50	50-70	76-100	101-500	501-1000	1001-2500	<2500
Залізо загальне (для північного Полісся), мкг/дм ³	>200	200-600	601-1000	1001-1500	1501-2000	2001-4000	<4000
Ртуть, мкг/дм ³	>0,02	0,02-0,05	0,06-0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	<2,50
Кадмій, мкг/дм ³	>0,1	0,1	0,2	0,3-0,5	0,6-1,5	1,6-5,0	<5,0
Мідь, мкг/дм ³	>1	1	2	3-10	11-25	26-50	<50
Цинк, мкг/дм ³	>10	10-15	16-20	21-50	51-100	101-200	<200
Свинець, мкг/дм ³	>2	2-5	6-10	11-20	21-50	51-100	<100
Хром загальний, мкг/дм ³	>2	2-3	4-5	6-10	11-25	26-50	<50
Нікель, мкг/дм ³	>1	1-5	6-10	11-20	21-50	51-100	<100
Манган, мкг/дм ³	>10	10-25	26-50	51-100	101-500	501-1250	<1250
Миш'як, мкг/дм ³	>1	1-3	4-5	6-15	16-25	26-35	<35
Фториди, мкг/дм ³	>100	100-125	126-150	151-200	201-500	501-1000	<1000
Ціаніди, мкг/дм ³	0	1-5	6-10	10-25	26-50	51-100	<100
Нафтопродукти, мкг/дм ³	>10	10-25	26-50	51-100	101-200	201-300	<300
Феноли (леткі), мкг/дм ³	0	>1	1	2	3-5	6-20	<20
СПАР, мкг/дм ³	0	>10	10-20	21-50	51-100	101-250	<250
⁹⁰ Sr, 10 ⁻¹² Ки/дм ³	>0,62	0,62-0,75	0,76-0,99	1,0-3,0	3,1-40	41-90	<90
¹³⁷ Cs, 10 ⁻¹² Ки/дм ³	>0,12	0,12-0,25	0,26-0,50	0,51-5,0	5,1-150	160-1500	<1500

На основі такого зіставлення визначаються категорії і класи якості води за окремими показниками. Клас і категорія води за ступенем чистоти визначається як середнє арифметичне від номерів категорій

якості усіх показників токсичної і радіаційної дії у відповідності з екологічною класифікацією (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Класи та категорії якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за екологічною класифікацією

Показник	Клас якості вод						
	I	II		III		IV	V
	Категорія якості води						
	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх гідрохімічним станом	відмінні	добрі		задовільні		погані	дуже погані
	відмінні	дуже добрі	добрі	задовільні	посередні	погані	дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (за показниками речовин токсичної і радіаційної дії)	дуже чисті	чисті		забруднені		брудні	дуже брудні
	дуже чисті	чисті	досить чисті	слабко забруднені	помірно забруднені	брудні	дуже брудні
Сапробність (за показниками органічного забруднення)	олігосапробні		β-мезосапробні		α-мезосапробні		полісапробні
	β-олігосапробні	α-олігосапробні	β'-мезосапробні	β''-мезосапробні	α'-мезосапробні	α''-мезосапробні	полісапробні
Трофність (переважаючий тип)	оліготрофні	мезотрофні		евтрофні		політрофні	гіпертрофні
	оліготрофні-оліго-мезотрофні	мезотрофні	мезо-евтрофні	евтрофні	ев-політрофні	політрофні	гіпертрофні

Практична частина

У таблиці 3.3 представлені показники токсичної і радіаційної дії Запорізького (Дніпровського) водосховища, які були отримані на підставі гідрохімічних і радіоекологічних досліджень.

Таблиця 3.3 – Показники якості води токсичної і радіаційної дії нижньої частини Запорізького (Дніпровського) водосховища

Показники	Значення показників
Свинець, мкг/дм ³	14,0
Кадмій, мкг/дм ³	1,0
Цинк, мкг/дм ³	10,0
Мідь, мкг/дм ³	21,0
Манган, мкг/дм ³	17,0
Залізо, мкг/дм ³	58,0
Нікель, мкг/дм ³	7,1
Нафтопродукти, мкг/дм ³	49
СПАР, мкг/дм ³	61
⁹⁰ Sr, 10 ⁻¹² Ки/дм ³	0,011
¹³⁷ Cs, 10 ⁻¹² Ки/дм ³	0,005

Завдання

1. За даними таблиці № 3.3 і таблиці № 3.1 визначити класи і категорії якості води нижньої частини Запорізького (Дніпровського) водосховища за кожним окремим показником. Результати занести в таблицю № 3.4.

Таблиця 3.4 – Класи і категорії якості води за окремими показниками

Показники	Клас	Категорія
Свинець		
Кадмій		
Цинк		
Мідь		
Манган		
Залізо		
Нікель		
Нафтопродукти		
СПАР		
Стронцій-90 (^{90}Sr)		
Цезій-137 (^{137}Cs)		
Усереднене значення категорій		

2. Визначити усереднене значення категорій (скласти всі категорії, що зазначені в таблиці № 3.4, і поділити на кількість показників).

3. Використовуючи усереднене значення категорій, визначити за таблицею № 3.2 назву класу і категорії якості води нижньої частини Запорізького (Дніпровського) водосховища.

У висновку надати екологічну оцінку якості води нижньої частини Запорізького (Дніпровського) водосховища за показниками токсичної і радіаційної дії (вказати номери і назви класу і категорії).

Контрольні питання

1. Як визначити клас і категорію води за ступенем чистоти?
2. Скільки існують класів якості вод?
3. До якого класу і категорії якості відноситься вода нижньої частини Запорізького (Дніпровського) водосховища за показниками токсичної і радіаційної дії?



Практична робота 4

БІОІНДИКАЦІЯ ВОДОЙМ ЗА СИСТЕМОЮ САПРОБНОСТІ

Мета: ознайомитись із класифікацією водойм за різним ступенем сапробності, засвоїти характерні ознаки зон сапробності, навчитись визначати клас якості води і зону сапробності за індексом сапробності Пантле і Букка в модифікації Сладечека.

Теоретична частина

Сапробність – характеристика водойми, яка показує рівень її забруднення органічними речовинами та продуктами їхнього розпаду

Загальні принципи індикації ступеня забруднення водойм органічними речовинами за гідробіонтами розробили Р Кольквітц і М. Марссон (1908), які запропонували поняття сапробності. У подальшому цей підхід був розвинутий у роботах Р. Пантле та Г. Букка (упровадили кількісний індекс сапробності, Х. Лібманном, В. Сладечеком (запропонували списки водних організмів-індикаторів сапробності).

Різним ступеням забруднення водойми характерні різні фізико-хімічні властивості та комплекси органічних речовин, що створюють для мешканців водойм певні умови існування (різні види водних організмів виявляють неоднакову чутливість до вмісту у воді органічних речовин). Тому, якщо водойми від чистих до найбрудніших розділити на кілька класів, то для кожного із них можна визначити групу організмів, що пристосувалися до умов певного класу якості води. Такий підхід до визначення якості води отримав назву «Система сапробності». Під сапробіологічною характеристикою будь-якого виду розуміють їхню здатність мешкати у воді з відповідним рівнем органічного забруднення.

Система сапробності використовується для проведення моніторингу поверхневих вод та оцінки якості води. За ступенем забруднення органічними речовинами води розділяються на чотири зони сапробності: полі-, мезо- оліго- та ксеносапробні.

Полісапробні води – вода найбрудніша та характеризується низькою концентрацією кисню, що потрапляє до води переважно з атмосфери та повністю використовується на окислення. Тут інтенсивно відбуваються процеси розкладання органічної речовини з утворенням сірководню, метану, вуглекислого газу. Характерний великий вміст нестійких органічних речовин і продуктів їхнього анаеробного розпаду. Видове багатство водних мешканців збіднене, переважають види-полісапроби, здатні витримувати високий рівень забруднення – бактерії (розвивається **кишкова паличка**), інфузорії, олігохети, личинки деяких мух (муха-криска), гриби, актиноміцети, деякі види водоростей (рис. 4.1).

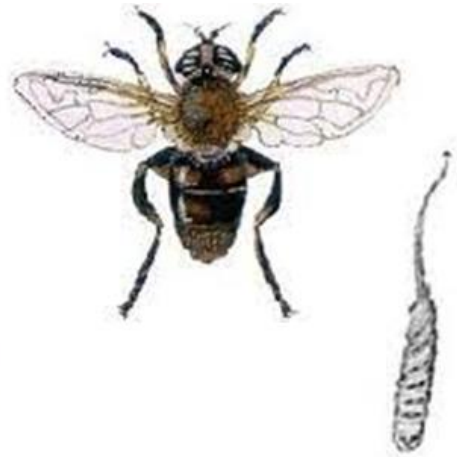


Рисунок 4.1 – Личинка мухи-киски

Гідробіонти, які живуть у забруднених органічними речовинами водах та беруть участь у розкладанні останніх, є важливим ланцюгом у біологічному круговороті речовини та енергії. Води такої якості формуються у річках та озерах, до яких постійно потрапляють у великій кількості стоки комунально-промислових, сільськогосподарських виробництв.

У **мезосапробних водах** ступінь забруднення дещо менший, залежно від його рівня вони поділяються на **альфа- та бета-мезосапробні**. В **α-мезосапробній** зоні починається аеробний розпад органічних речовин з утворенням метану, міститься багато вільної вуглекислоти та мало кисню. Серед водних організмів переважають ті, що пристосовані до дефіциту кисню, високого вмісту вуглекислоти та здатні витримувати забруднене середовище: бактерії, гриби, інфузорії, олігохети, трапляються лише окремі види ракоподібних (зокрема водяний віслючок), личинки двокрилих (рис. 4.2). У процесах самоочищення в таких водах активну участь беруть водорості. Вода, що відноситься до цієї зони сапробності, характерна водоймам, до яких потрапляє значна кількість стічних вод, а також заболоченим природним водоймам.



Рисунок 4.2 – Водяний вислючок

У **β -мезосапробних** водах відмічається незначна кількість нестійких органічних речовин, що розклалися до окислених продуктів. Їм характерні менші кількості амонійного та нітритного азоту, сірководню, переважають нітрати. Розчиненого у воді кисню, зазвичай, багато, іноді спостерігається його перенасичення (у світлий період доби). Живий світ таких вод багатий та різноманітний, внаслідок надмірного розвитку фітопланктону може відбуватися «цвітіння» води. Серед організмів-індикаторів умов β -мезосапробної зони є зелені і синьо-зелені водорості, вищі водні рослини, численні види найпростіших, сюди належить більшість видів молюсків, ракоподібних, губки, різноманітні риби (переважають коропові). Більшості нашим водойм притаманна вода такої якості.

Олігосапробна зона характеризує майже чисті води з незначним вмістом нестійких органічних речовин і невеликою кількістю продуктів їхньої мінералізації. Тут відмічаються високі концентрації кисню, відсутній сірководень, серед сполук азоту домінують нітрати. Серед олігосапробних організмів, відмічається значна кількість видів **діатомових водоростей** (зазначимо, що явища «цвітіння» води тут не буває). Видами-індикаторами олігосапробних умов є численні харові водорості, деякі вищі водні рослини, ракоподібні, коловертки, молюски, личинки комах – ручейників (рис. 4.3) та риби. Олігосапробна зона представлена чистими водами великих озер.

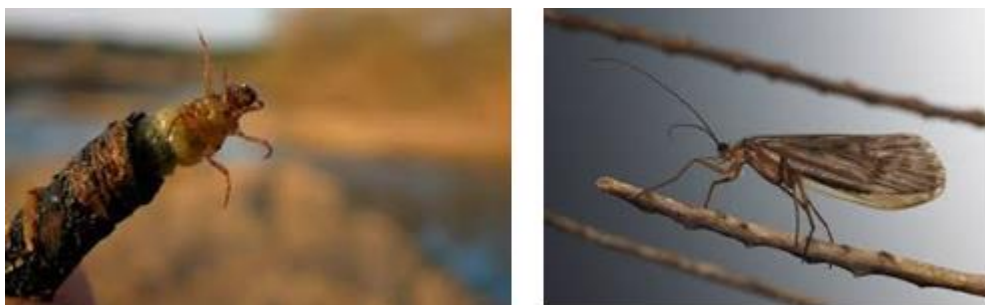


Рисунок 4.3 – Личинка ручейника (зліва) і доросла комаха (справа)

Ксеносапробна зона – це холодні води чистих гірських струмків, озер, джерел, у яких біота збіднена та відмічається мінімальна кількість органічних речовин. Прикладом ксеносапробних водойм є озеро Синевір у Закарпатській обл. Типовим представником іхтіофауни таких водойм є форель (рис. 4.4).



Озеро Синевір



Радужна форель

Рисунок 4.4 – Радужна форель – представник іхтіофауни озера Синевір

Для кожної із чотирьох зон сапробності створені списки **видів-індикаторів**, кожному виду присвоєне певне число, яке характеризує його положення на шкалі сапробності (так званий індивідуальний індекс сапробності або індикаторна значущість). Ці числа – умовні, їх запровадили для кількісної оцінки здатності певного гідробіонта-індикатора мешкати у воді з тим чи іншим вмістом органічних речовин. Так, організмам-ксеносапробам було присвоєно значення від 0 до 0,50; олігосапробам – від 0,51 до 1,50; β -мезосапробам – 1,51-2,50; α -мезосапробам – 2,51-3,50; полісапробам – 3,51-4,00.

Сьогодні **список організмів** складається з більш ніж двох тисяч мікро- та макроорганізмів, для яких відомі індекси сапробності виду та валентність сапробності. Користуючись подібними списками, можна оцінити сапробність тої чи іншої водойми.

Для кількісної оцінки ступеня забруднення водойми органічними речовинами, був введений **індекс сапробності**. Розрахунок індексу сапробності за формулою дозволяє встановити якість води та ступінь її забруднення органічними речовинами.

Практична частина

Розрахунок індекса сапробності Пантле і Букка в модифікації Сладечека

Для визначення класу якості води та зони сапробності розраховується **індекс сапробності Пантле і Букка** в модифікації Сладечека.

Для розрахунку використовується формула:

$$I_c = \sum (S \times h) / \sum h \quad (4.1)$$

де I_c – індекс сапробності;

- S – індивідуальний індекс сапробності виду (індикаторна значущість, визначається за спеціальними таблицями);
h – частота зустрічаємості гідробіонтів

Визначення величини h проводять за оковимірною шкалою, де:

h= 9, якщо в полі зору мікроскопу організмів **багато**;

h = 7, якщо організми зустрічаються **часто**;

h= 5, якщо організми зустрічаються **нерідко**;

h = 3, якщо організми зустрічаються **дуже рідко**;

h= 1, якщо організми представлені **одично**.

Величину індикаторної значимості (S) можна вичислити за бальною системою, якщо згрупувати організми за зонами сапробності:

s = 0 – ксеносапроби;

s = 1 – олігосапроби,

s = 2 – β-мезосапроби,

s = 3 – α-мезосапроби,

s = 4 – полісапроби.

Показники для оцінки якості води за індексом сапробності представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка якості води за індексом сапробності

Зона сапробності	Індекс сапробності	Клас якості води
ксеносапробна	< 0,50	I клас якості – дуже чиста
олігосапробна	0,50-1,50	II клас якості – чиста
β-мезосапробна	1,51-2,50	III клас якості – помірно забруднена
α-мезосапробна	2,51-3,50	IV клас якості – забруднена
полісапробна	> 3,51	V клас якості – брудна

Приклад

Групи організмів	Частота зустріємості	h	S	S × h
ксеносапроби	одично	1	0	0
олігосапроби	дуже рідко	3	1	3
α-мезосапроби	дуже рідко	3	2	6
β-мезосапроби	часто	7	3	21
полісапроби	нерідко	5	4	20
		∑ h =19		∑(S × h)=50

Розраховуємо: $I_c = \sum (S \times h) / \sum h = 50:19=2,63$

За даними таблиці № 4.1 і розрахованого індекса сапробності визначаємо зону сапробності і клас якості води

Висновок: водойма α-мезосапробна, IV клас якості – забруднена

Завдання

Розрахувати індекс сапробності Пантле і Букка, визначити клас якості води і зону сапробності за даними свого варіанту. У висновку вказати індекс сапробності, клас якості води і зону сапробності за описом, наданим у табл. 4.1.

Варіант 1

Групи організмів	Частота зустріємості	h	S	S × h
ксеносапроби	-			
олігосапроби	дуже рідко			
α-мезосапроби	нерідко			
β-мезосапроби	часто			
полісапроби	часто			
		∑h		∑(S × h)

Варіант 2

Групи організмів	Частота зустріємості	h	S	S × h
ксеносапроби	нерідко			
олігосапроби	часто			
α-мезосапроби	нерідко			
β-мезосапроби	дуже рідко			
полісапроби	одиночно			
		∑h		∑(S × h)

Варіант 3

Групи організмів	Частота зустріємості	h	S	S × h
ксеносапроби	дуже рідко			
олігосапроби	нерідко			
α-мезосапроби	нерідко			
β-мезосапроби	часто			
полісапроби	дуже рідко			
		∑h		∑(S × h)

Варіант 4

Групи організмів	Частота зустріємості	h	S	S × h
ксеносапроби	одиночно			
олігосапроби	дуже рідко			
α-мезосапроби	нерідко			
β-мезосапроби	багато			
полісапроби	нерідко			
		∑h		∑(S × h)

Варіант 5

Групи організмів	Частота зустріємості	h	S	S × h
ксеносапроби	одиночно			
олігосапроби	нерідко			
α-мезосапроби	багато			
β-мезосапроби	часто			
полісапроби	дуже рідко			
		∑h		∑(S × h)

Варіант 6

Групи організмів	Частота зустріємості	h	S	S × h
ксеносапроби	часто			
олігосапроби	нерідко			
α-мезосапроби	нерідко			
β-мезосапроби	одиночно			
полісапроби	одиночно			
		∑h		∑(S × h)

Варіант 7

Групи організмів	Частота зустріємості	h	S	S × h
ксеносапроби	дуже рідко			
олігосапроби	нерідко			
α-мезосапроби	багато			
β-мезосапроби	нерідко			
полісапроби	рідко			
		∑h		∑(S × h)

Варіант 8

Групи організмів	Частота зустріємості	h	S	S × h
ксеносапроби	-			
олігосапроби	одиночно			
α-мезосапроби	нерідко			
β-мезосапроби	часто			
полісапроби	багато			
		∑h		∑(S × h)

Контрольні питання

1. Що таке сапробність і для чого використовується система сапробності?
2. Надайте характеристику полісапробній зоні та укажіть їх представників.
3. Чим характеризуються α-мезосапробні і β-мезосапробні водойми?
4. Які водойми відносяться до ксеносапробних?
5. Що таке індекс сапробності і як він розраховується?
6. Наведіть приклади організмів-індикаторів різних сапробних водойм.

Практична робота 5

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ У ЗОНІ ВПЛИВУ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

Мета: ознайомитися з існуючими класифікаціями якості поверхневих вод та провести екологічну оцінку якості води річки Інгулець у зоні впливу стічних вод гірничо-збагачувального комбінату.

Теоретична частина

Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат здійснює видобуток залізної руди відкритим способом з наступною її переробкою на збагачувальних фабриках. Існуючі технології збагачення залізних руд передбачають складування відходів виробництва у спеціальних резервуарах – хвостосховищах, в які вони подаються у вигляді водяної пульпи. Для складування відходів Інгулецького гірничозбагачувального комбінату було створено і в 1965 році введено в експлуатацію хвостосховище першої черги, яке розташоване на правому березі р. Інгулець. Основний вплив хвостосховища на поверхневі води пов'язаний з фільтрацією вод і потраплянням зворотних вод через водоносні горизонти у р. Інгулець.

Контроль впливу хвостосховища поверхневі води р. Інгулець проводиться на ділянках облаштованих контрольних створів:

- 500 м вище скиду стічних вод (фонові показники р. Інгулець);
- 500 м нижче скиду (зона потенційного впливу комбінату).

Практична частина

У табл. 5.1 представлені показники якості води р. Інгулець на контрольних створах.

Таблиця 5.1 – Усереднені показники якості поверхневих вод р. Інгулець у контрольних створах за 2018-2024 рр.

Найменування	Од. вим.	500м вище скиду	500м нижче скиду
Розчинений кисень	мгО/дм ³	7,2	6,8
Перманганатна окислюваність	мг/дм ³	10,3	10,8
Завислі речовини	мг/дм ³	30,3	27,0
БСК ₅	мгО ₂ /дм ³	7,7	8,1
Азот амонійний	мг/дм ³	0,3	0,4
Нітрити	мг/дм ³	4,0	3,6
Нітрати	мг/дм ³	0,1	0,1
Фосфати	мг/дм ³	3,9*	0,3
Залізо загальне	мг/дм ³	0,1	0,1
Нафтопродукти	мг/дм ³	0,01	0,005
СПАР	мг/дм ³	0,03	0,03
Феноли	мг/дм ³	<0,001	<0,001
Свинець	мг/дм ³	0,033	0,035
Манган	мг/дм ³	0,02	0,01
Кадмій	мг/дм ³	0,003	0,003

У табл. 5.2 та 5.3 надані класифікації якості поверхневих вод за хімічними і токсикологічними критеріями.

Таблиця 5.2 – Класифікація якості поверхневих вод за хімічними трофо-сапробіологічними критеріями

Показники	Клас якості вод						
	I	II		III	IV	V	
	Категорія якості вод						
	1	2	3	4	5	6	7
Кисневий режим							
Розчинений кисень, мг O ₂ /дм ³	<8,0	7,6-8,0	7,1-7,5	6,1-7,0	5,1-6,0	4,0-5,0	>4,0
Гідрофізичні й загальні гідохімічні							
Завислі речовини, мг/дм ³	>5	5-10	11-20	21-30	31-50	51-100	<100
Прозорість, м	<1,50	1,00-1,50	0,65-0,95	0,50-0,60	0,35-0,45	0,20-0,30	>0,20
рН	6,9-7,5	6,7-6,8	6,5-6,6	6,3-6,4	6,1-6,2	5,9-6,0	<5,9
		7,6-7,9	8,0-8,1	8,2-8,3	8,4-8,5	8,6-8,7	<8,7
Вміст азоту							
Азот амонійний, мгN/дм ³	>0,10	0,10-0,20	0,21-0,30	0,31-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	<2,50
Азот нітритний, мгN/дм ³	>0,002	0,002-0,005	0,006-0,010	0,011-0,020	0,021-0,050	0,051-0,100	<0,100
Азот нітратний, мгN/дм ³	>0,20	0,20-0,30	0,31-0,50	0,51-0,70	0,71-1,00	1,01-2,50	<2,50
Загальний N, мгN/дм ³	>1,0	1,1-1,5	1,6-2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	6,1-10,0	<10,0
Вміст фосфору							
Фосфор фосфатів, мгP/дм ³	>0,015	0,015-0,030	0,031-0,050	0,051-0,100	0,101-0,200	0,201-0,300	<0,300
Загальний P, мгP/дм ³	>0,015	0,015-0,030	0,031-0,060	0,061-0,120	0,121-0,200	0,201-0,300	<0,300
Вміст органічних речовин							
Загальний С, мгС/дм ³	>3,0	3,0-5,0	5,1-8,0	8,1-12,0	12,1-20,0	21,0-30,0	<30,0
Перманганатна окислюваність, мг O ₂ /дм ³	>3,0	3,0-5,0	5,1-8,0	8,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	<20,0
Біхроматна окислюваність, мг O ₂ /дм ³	>9	9-15	16-25	26-30	31-40	41-60	<60
БСК ₅ , мг O ₂ /дм ³	>1,0	1,0-1,6	1,7-2,1	2,2-4,0	4,1-7,0	7,1-12,0	<12,0

Таблиця 5.3 – Класифікація якості поверхневих вод за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії

Показник	Клас якості вод						
	I	II		III	IV	V	
	Категорія якості вод						
	1	2	3	4	5	6	7
Залізо загальне (основна шкала), мкг/дм ³	<50	50-70	76-100	101-500	501-1000	1001-2500	<2500

Показник	Клас якості вод						
	I	II		III		IV	V
	Категорія якості вод						
	1	2	3	4	5	6	7
Залізо загальне (для північного Полісся), мкг/дм ³	>200	200-600	601-1000	1001-1500	1501-2000	2001-4000	<4000
Ртуть, мкг/дм ³	>0,02	0,02-0,05	0,06-0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	<2,50
Кадмій, мкг/дм ³	>0,1	0,1	0,2	0,3-0,5	0,6-1,5	1,6-5,0	<5,0
Мідь, мкг/дм ³	>1	1	2	3-10	11-25	26-50	<50
Цинк, мкг/дм ³	>10	10-15	16-20	21-50	51-100	101-200	<200
Свинець, мкг/дм ³	>2	2-5	6-10	11-20	21-50	51-100	<100
Хром загальний, мкг/дм ³	>2	2-3	4-5	6-10	11-25	26-50	<50
Нікель, мкг/дм ³	>1	1-5	6-10	11-20	21-50	51-100	<100
Манган, мкг/дм ³	>10	10-25	26-50	51-100	101-500	501-1250	<1250
Миш'як, мкг/дм ³	>1	1-3	4-5	6-15	16-25	26-35	<35
Фториди, мкг/дм ³	>100	100-125	126-150	151-200	201-500	501-1000	<1000
Ціаніди, мкг/дм ³	0	1-5	6-10	10-25	26-50	51-100	<100
Нафтопродукти, мкг/дм ³	>10	10-25	26-50	51-100	101-200	201-300	<300
Феноли (леткі), мкг/дм ³	0	>1	1	2	3-5	6-20	<20
СПАР, мкг/дм ³	0	>10	10-20	21-50	51-100	101-250	<250
⁹⁰ Sr, 10 ⁻¹² Ки/дм ³	>0,62	0,62-0,75	0,76-0,99	1,0-3,0	3,1-40	41-90	<90
¹³⁷ Cs, 10 ⁻¹² Ки/дм ³	>0,12	0,12-0,25	0,26-0,50	0,51-5,0	5,1-150	160-1500	<1500

У табл. 5.4 представлені назви класів і категорій якості поверхневих вод за екологічною класифікацією.

Таблиця 5.4 – Класи та категорії якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за екологічною класифікацією

Показник	Клас якості вод						
	I	II		III		IV	V
	Категорія якості води						
	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх гідрохімічним станом	відмінні	добрі		задовільні		погані	дуже погані
	відмінні	дуже добрі	добрі	задовільні	посередні	погані	дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (за показниками речовин токсичної і радіаційної дії)	дуже чисті	чисті		забруднені		брудні	дуже брудні
	дуже чисті	чисті	досить чисті	слабко забруднені	помірно забруднені	брудні	дуже брудні
Сапробність (за показниками)	олігосапробні		β-мезосапробні		α-мезосапробні		полісапробні
	β-олігосапробні	α-олігосапробні	β'-мезосапробні	β''-мезосапробні	α'-мезосапробні	α''-мезосапробні	полісапробні

Показник	Клас якості вод						
	I	II		III		IV	V
	Категорія якості води						
органічного забруднення)	1	2	3	4	5	6	7
	Трофність (переважаючий тип)	оліготрофні	мезотрофні		евтрофні		політрофні
	оліготрофні-оліго-мезотрофні	мезотрофні	мезо-евтрофні	евтрофні	ев-політрофні	політрофні	гіпертрофні

Завдання

1. За даними таблиць № 5.1, 5.2 і 5.3 визначити класи і категорії якості води р. Інгулець у контрольних створах за кожним окремим показником. Результати занести в таблицю № 5.5.


Таблиця 5.5 – Класи і категорії якості води за окремими показниками

Показники		500м вище скиду		500м нижче скиду	
		клас	категорія	клас	категорія
Гідрохімічні показники					
1	Розчинений кисень				
2	Перманганатна окислюваність				
3	Завислі речовини				
4	БСК ₅				
5	Азот амонійний				
6	Нітрити				
7	Нітрати				
8	Фосфати				
Усереднене значення категорій					
Показники токсичної дії					
1	Залізо загальне				
2	Нафтопродукти				
3	СПАР				
4	Феноли				
5	Свинець				
6	Манган				
7	Кадмій				
Усереднене значення категорій					

2. Визначити усереднене значення категорій окремо для гідрохімічних показників і показників токсичної дії (скласти всі категорії, що зазначені в таблиці №5, і поділити на кількість показників).

3. За даними усередненого значення категорій, визначити за табл. 5.4 назву класу і категорії якості води р. Інгулець у контрольних створах.


У висновку порівняти результати екологічної оцінки двох контрольних створів за гідрохімічними показниками і показниками



токсичної дії; вказати, чи впливають фільтраційні води хвостосховища на якість поверхневих вод р. Інгулець.

Контрольні питання

1. Які гідротехнічні споруди гірничо-збагачувальних комбінатів можуть мають вплив на природні водойми?
2. Які шляхи потрапляння забруднюючих речовин з хвостосховищ у природні водойми?
3. Як впливає гірничо-збагачувальний комбінат на р. Інгулець?



Практична робота 6

РОЗРАХУНКИ ЗБИТКІВ ВІД СКИДУ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН У ВОДОЙМИ

Мета: ознайомитись з методикою розрахунків збитків від забруднення водойм зворотними водами з наднормативним вмістом токсичних речовин.

Хід роботи

1. Ознайомитись з Методикою визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами, яка затверджена наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України 21 липня 2022 року № 252.

2. Провести самостійно розрахунки відшкодування збитків від токсичного забруднення водойми за вказаними вихідними даними.

Завдання

Внаслідок аварійного викиду стічних вод підприємства у рибогосподарську водойму потрапила надмірна кількість токсичних сполук – важких металів.

За результатами хімічного аналізу води вміст важких металів у водоймі після потрапляння стоків збільшився до таких показників:

кадмію C_1 – 0,015 г/м³ (ГДС – 0,004 г/м³),

свинцю C_2 – 0,22 г/м³ (ГДС – 0,1 г/м³)

цинку C_3 – 0,04 г/м³ (ГДС – 0,02 г/м³)

міді C_4 – 0,011 г/м³ (ГДС – 0,004 г/м³)

заліза C_5 – 0,9 г/м³ (ГДС – 0,7 г/м³)

Фактичні витрати зворотних вод становили – 58000 м³/год.

Тривалість скидання стічних вод з порушенням нормативів ГДС дорівнювала 40 годин.

Необхідно розрахувати розміри відшкодування збитків, що були нанесені державі внаслідок забруднення водойми.

1. Спочатку розраховуємо обсяги наднормативного скиду у водойму для кожного токсиканта окремо ($M_1, M_2...M_i$):

Формула для розрахунків обсягів наднормативного скиду важких металів у водойму за формулою (6.1):

$$M_i = (C_{iф} - C_{ид}) \times Q_{iф} \times t \times 10^{-6} \quad (6.1)$$

де M_i – маса наднормативного скиду кожного важкого металу у водойму, т;

$C_{iф}$ – середня фактична концентрація важкого металу у зворотних водах, г/м³;

$C_{ид}$ – дозволена для скиду концентрація забруднюючої речовини, визначена при затвердженні ГДС, г/м³;

- $Q_{i\phi}$ – фактичні витрати зворотних вод, м³/год;
 t – тривалість скидання зворотних вод з порушенням нормативів ГДС, год;
 10^{-6} – коефіцієнт перерахування маси забруднюючих речовин

2. Визначення збитків, заподіяних внаслідок скиду забруднюючих речовин у водний об'єкт (крім морських вод) зі зворотними водами за формулою (6.2):


$$Z = K_B \times K_{\text{кат}} \times K_p \times k_3 \times [(M_{i1} \times \gamma_{i1}) + (M_{i2} \times \gamma_{i2}) + \dots (M_{im} \times \gamma_{im})] \quad (6.2)$$

- де K_B – коефіцієнт, що враховує збільшення шкоди водній екосистемі під час воєнного стану (дорівнює 10);
- $K_{\text{кат}}$ – коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта (для рибогосподарського об'єкту він становить 2,5);
- K_p – регіональний коефіцієнт дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод (для Дніпропетровської області становить 1,28);
- k_3 – коефіцієнт ураженості водної екосистеми (дорівнює 1,5);
- $M_{i1}, M_{i2} \dots M_{in}$ – маса наднормативного скиду кожного важкого металу у водойму, т;
- γ_i – питомий економічний збиток від забруднення водних і ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т, який визначається за формулою (6.3):

$$\gamma_i = \gamma \times A_i, \quad (6.3)$$

- де γ – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у поточному році (на дату виявлення порушення), грн/т. У 2022 році $\gamma = 2429,83$ грн/т;
- A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності i -ї забруднюючої речовини, який визначається із співвідношення за формулою (6.4):

$$A_i = 1 / \text{ГДК}_i, \quad (6.4)$$



де $ГДК_i$ – безрозмірна величина, чисельно рівна $ГДК_i$ забруднюючої речовини у воді водного об'єкта відповідної категорії

Для зазначених важких металів $ГДК$ для водойм рибогосподарського значення дорівнює:

кадмію – $ГДК_1 = 0,005 \text{ г/м}^3$,

свинцю – $ГДК_2 = 0,1 \text{ г/м}^3$

цинку – $ГД_3 = 0,01 \text{ г/м}^3$

міді – $ГДК_4 = 0,001 \text{ г/м}^3$

заліза – $ГД_5 = 0,5 \text{ г/м}^3$

Висновки. У висновках вказати результати розрахунків обсягів наднормативного скиду по кожному металу окремо та загальний розмір відшкодування збитків.

Контрольні питання

1. Які показники враховують при розрахунку збитків від скиду токсичних речовин у водойми?
2. Як визначається загальний розмір відшкодування збитків?



Практична робота 7

ОСНОВИ БІОТЕСТУВАННЯ

Мета: ознайомитись з основами біотестування, вивчити методи біотестування та організми-біотестери.

Загальні відомості про біотестування

Підвищення ефективності охорони вод від забруднення значною мірою пов'язане із застосуванням якісно нових підходів до оцінки складу й властивостей стічних вод. До числа найбільш ефективних прийомів, що відповідають цілям водоохорони і дозволяють проводити оцінку токсичності води, відносяться методи біотестування.

Біотестування водного середовища може забезпечити рішення цілого ряду задач:

- проведення токсикологічної оцінки промислових і міських стічних вод з метою виявлення потенційних джерел забруднення;
- контроль аварійних й інших залпових скидань високотоксичних стічних вод;
- проведення оцінки ступеня токсичності стічних вод;
- контроль токсичності стічних вод, що подаються на біологічні очисні спорудження;
- визначення рівнів безпечного розведення стічних вод для гідробіонтів по сумарній дії речовин, що скидають, з метою встановлення гранично припустимих скидань (ГДС) речовин, що надходять у водні об'єкти зі стічними водами;
- здійснення оцінки стану природних вод і виявлення акваторій з різним рівнем забруднення;
- проведення екологічної експертизи нових технологій і матеріалів, проектів очисних споруд.

Біотестування – процедура встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини й у якому сполученні викликають зміни життєво важливих функцій у тест-об'єктів.

Тест-об'єкт – організм, який використовується при оцінці токсичності хімічних речовин, природних і стічних вод, донних відкладень.

Тест-об'єкти дають кількісну оцінку рівня токсичного забруднення водного середовища – стічних, скидних, циркуляційних і природних вод.

Важлива умова правильного проведення біотестування – використання генетично однорідних лабораторних культур. Ці культури проходять перевірки чутливості, утримуються в спеціальних, обговорених стандартами лабораторних умовах, що забезпечують максимальну чутливість до токсичних речовин.

Критерій токсичності, використовують в біотестуванні для характеристики відгуку тест-об'єкта на дію середовища. Тест-функції,



що використовують як показники біотестування для різних об'єктів:

- для інфузорій, ракоподібних, ембріональних стадій моллюсків, риб, комах – виживання (смертність) тест-організмів;

- для ракоподібних, риб, моллюсків – плодючість, поява аномальних відхилень у ранньому ембріональному розвитку організму, ступінь синхронності дроблення яйцеклітин;

- для культур одноклітинних водоростей й інфузорій – загибель клітин, зміна чисельності клітин у культурі, коефіцієнт ділення клітин, середня швидкість росту, добовий приріст культури;

Тривалість біотестування залежить від задачі, поставленої дослідником.

Гострі біотести, виконані на різних тест-об'єктах по показниках виживання, тривають від декількох хвилин до 24-96 годин.

Короткострокові – хронічні тести тривають протягом 7 діб й закінчуються, як правило, після одержання першого покоління тест-об'єктів.

Хронічні тести на загальну плідність ракоподібних, що охоплюють 3 покоління, тривають до народження молоді.

Толерантність – витривалість (стійкість) організму до ушкоджуючих впливів.

Діапазон толерантності – межі коливань концентрацій токсичних речовин, при яких не відбувається порушень функцій організму.

Толерантний ліміт – кількісне вираження концентрації токсиканта, при якій гине або виживає 50% тест-організмів за 48 годин досліджу.

Токсикорезистентність – опірність живих організмів до впливу токсичних речовин.

Токсобність – здатність водних організмів існувати в токсичному середовищі, сорбуючи або використовуючи певну кількість токсичної речовини.

Токсикометрія – сукупність прийомів оцінки токсичності речовин. Основними прийомами токсикометрії є встановлення мінімально граничної концентрації (LC0), летальної концентрації (LC50), або дози (LD50), і зони токсичної дії – діапазону токсичних концентрацій – від LC0 до абсолютно летальної (LC100).

Біотестування, як правило, використовують перед проведенням хімічного аналізу, тому що цей метод дозволяє провести експрес-оцінку природного середовища й виявити "гарячі точки", які вказують на найбільш забруднені ділянки акваторії.

Класифікація методів біотестування

Тест-об'єктом можуть бути ферментативні системи, ізольовані органели, клітини, тканини, окремі органи багатоклітинних організмів, одноклітинні та багатоклітинні організми одного біологічного виду або кількох видів.



За тест-об'єктом методи біотестування можна поділити на:

- тести на організменному рівні (тест-організми: бактерії, мікроорганізми, водорості, безхребетні, молюски, риби, вищі рослини, які поділяються за систематичним найменуванням);
- тести на клітинному рівні (органели клітин);
- тести на генетичному рівні (мутагенність).

Тест-реакція – одна із закономірно виникаючих реакцій відгуку тест-системи або тест-організму на вплив комплексу зовнішніх факторів, що тестуються.

Тест-реакцією можуть бути такі зміни стану організму:

- генетичні;
- біохімічні;
- фізіологічні;
- анатомічні;
- морфологічні;
- поведінкові;
- біоритмічні.

За **ступенем прояву тест-реакції** біотести поділяють на:

- тести на гостру токсичність (загибель організмів або зміна поведінки протягом 5 діб);
- тести на слабку токсичність (у довгостроковому досліді у організмів знижуються основні біологічні функції, вони погано ростуть, гірше розмножуються, менш життєздатні);
- тести на нетоксичність (відсутність прояву токсичного ефекту навіть у ряді поколінь).

Характер токсичності може бути: токсичність (організм), цитотоксичність (клітина), генотоксичність (генетичні показники).

Тест-критерій – це показник по якому проводять оцінку змін стану тест-системи. В якості тест-критеріїв можуть використовуватись такі ознаки: виживання, плодючість, аномальні відхилення у ранньому ембріональному розвитку, ступінь синхронності подрібнення яйцеклітин, рухливість, поведінкові реакції та періодичність їх повторення (для вищих організмів); загибель клітин, зміни чисельності клітин в культурі, коефіцієнт поділу клітин, середня швидкість росту, добовий приріст культури (для культур одноклітинних водоростей та інфузорій).

За **тривалістю біотестування** тести поділяють на:

- експресні методи (визначення гострої токсичної дії);
- довгострокові методи (визначення хронічної токсичної дії).

За **засобом реалізації методу**:

- без застосування приладів (візуальні спостереження),
- за допомогою приладів (мікроскоп, люмінометр, флуорометр, електрокар-діограф або електроенцефалограф, фотоелектрокалориметр, спектрометр, спектрофотометр).

1 Ознайомитись з основними методами біотестування

Біотести, які застосовують в контролі об'єктів навколишнього середовища для оцінки рівня токсичного забруднення, наведені в табл. 7.1.


Таблиця 7.1 – Біотести, які застосовують в контролі об'єктів навколишнього середовища для оцінки рівня токсичного забруднення

№ п/п	Назва біотесту, оснований на реакції	Параметр, що реєструється	Засіб реалізації біотестування	Об'єкти навколишнього середовища
1	Рачок дафнія magna	Вживаність і плодючість	Візуальні спостереження	Стічні та природні води, витяжка з ґрунту
2	Медична п'явка	Зміна статичного стану на динамічний	- // -	- // -
3	Інфузорії	Рухлива активність, виживання та темп росту	Мікроскопіювання	- // -
4	Клітини водорості дуналиелла саліна	Імобілізація	- // -	- // -
5	Бактерії, що люмінесціюють	Реакція біоломінесценції	Люменометр	- // -
6	Водорості, що флуоресціюють	Рівень загальної і уповільненої флуоресценції	Флуорометр	- // -
7	Харові водорості	Біоелектрична реакція	Зміна електропровідності мембрани клітин	- // -
8	Риби	Реакція втечі риб з токсичної зони	Візуальні спостереження	Стічні води
9	Риби гуппі	Вживання та зміна поведінки	Візуальні спостереження	- // -
10	Риби	Частота дихання та серцебиття	Електрокардіограф або електроенцефалограф	- // -
11	Двостулкові молюски	Реакція закривання стулків	Візуальні спостереження	- // -
12	Мікроорганізми активного мулу	Активність окисних ферментів	Фотоелектроколориметр	- // -
13	Бактерії	Ростова реакція	Фотоелектрокалориметр	Природні води
14	Гідра	Вживання і реакція регенерації	Мікроскопування	- // -
15	Коловертки	Вживання та зміна фототаксису	Мікроскопування	- // -
16	Холінестераза	Активність	Спектрофотометр або фотоелектрокалориметр	- // -
17	Культура протококових водоростей	Вживання, зміна фізіологічних показників та загального стану	Мікроскопування	Природні та стічні води, витяжка з ґрунту
18	Культура синьо-зелених водоростей	Вживання, зміна фізіологічних показників та загального стану	- // -	- // -
19	Ряска	Вживання, зміна фізіологічних показників та загального стану	Візуальні спостереження	- // -

№ п/п	Назва біотесту, основанийого на реакції	Параметр, що реєструється	Засіб реалізації біотестування	Об'єкти навколишнього середовища
20	Елодея	Вживання, зміна фізіологічних показників та загального стану	- // -	- // -

2 Надайте відповіді на тестові питання.

1. Важливою умовою біотестування є:
 - а) використання споріднених видів;
 - б) використання різновікових особин одного виду;
 - в) використання генетично однорідних особин одного виду.
2. Показник біотестування для інфузорій:
 - а) середня швидкість росту;
 - б) виживання;
 - в) плодючість
3. Тривалість гострих тестів:
 - а) 7 годин;
 - б) 7 діб;
 - в) 3 покоління.
4. Стійкість організму до ушкоджуючих впливів має назву:
 - а) інтоксикація;
 - б) токсобність;
 - в) толерантність
5. Толерантний ліміт це:
 - а) виживання 50% тест-організмів за 48 годин досліджу;
 - б) виживання 100% тест-організмів за 48 годин досліджу;
 - в) виживання 100% тест-організмів за 28 годин досліджу.
6. Біотестування проводять:
 - а) після проведення хімічного аналізу води;
 - б) перед проведенням хімічного аналізу води;
 - в) замість проведення хімічного аналізу води.
7. Якщо загибель організмів відбувається протягом 5 діб – це:
 - а) слабка токсичність;
 - б) хронічна токсичність;
 - в) гостра токсичність.
8. Для визначення хронічної токсичної дії використовують:
 - а) експресні методи;
 - б) довгострокові методи;
 - в) гострі методи.
9. Візуальні спостереження проводяться для оцінки:

- 
- а) поведінкових реакцій риб;
 - б) частоти дихання риб;
 - в) плодючості.

10. Виберіть об'єкти для біотестування у водній токсикології:

- а) інфузорія;
- б) пуголовок;
- в) рогіз.

Контрольні питання

1. Що таке біотестування?
2. Які задачі вирішує біотестування?
3. Яка важлива умова правильного проведення біотестування?
4. Які тест-критерії токсичності використовують для ракоподібних, риб, молюсків, водоростей?
5. Які бувають біотести за тривалістю?
6. Що таке токсикорезистентність і токсикометрія?
7. Які бувають тест-реакції організму?
8. Які бувають біотести за ступенем прояви тест-реакції?

Практична робота 8 БІОТЕСТУВАННЯ ВОД НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Мета: ознайомлення студентів з методикою біотестування, яка використовується для визначення найбільш токсичних стічних вод, що утворилися на різних етапах технологічного процесу.

Методика біотестування

Метою тестування є визначення найбільш токсичних стічних вод, що утворилися на різних етапах технологічного процесу, для вжиття необхідних заходів щодо зменшення їх токсичності.

Для виявлення та контролю токсичності стічних вод на різних етапах технологічного процесу використовується дафнія магна *Daphnia magna* Straus віком до 24 годин (рис. 8.1).



Рисунок 8.1 – Дафнія магна

Перед початком експериментів зазвичай перевіряється придатність організмів для тестування з допомогою **еталонної речовини** (речовини з відомою токсичністю). Як еталонна речовина для культури дафній використовується двохромовоокислий калій $K_2Cr_2O_7$.

Придатність дафній для тестування проводять шляхом визначення середньої летальної концентрації розчину $K_2Cr_2O_7$ за 24 години (LC_{50-24}).

Готують розчин $K_2Cr_2O_7$ на дистильованій воді з концентрацією 1 г/дм^3 . Із нього методом розводження, використовуючи дехлоровану питну воду, готують серію розчинів з концентраціями від $0,5$ до $3,0 \text{ мг/дм}^3$ з інтервалом $0,5 \text{ мг/дм}^3$.

Біотестування розчинів проводять протягом 24 годин. Через 24 години для кожного розчину з відомою концентрацією $K_2Cr_2O_7$ розраховують відносну кількість загиблих дафній (A) за формулою:

$$A = 100 (X_k - X_d) / X_k \quad (8.1)$$

- де A – кількість загиблих дафній, %;
- X_k – середнє арифметичне значення кількості живих дафній у контролі;
- X_d – середнє арифметичне значення кількості живих дафній у досліджуваній воді.

Далі пробіт–методом визначають LC_{50-24} . Якщо LC_{50-24} перебуває у діапазоні 1,0–2,5 мг/дм³, то культура дафній придатна для тестування.

Метод біотестування вод на різних етапах технологічного процесу засновується на визначенні відносної кількості загиблих дафній у дослідній воді порівняно з контрольною водою (контролем).

Ступінь токсичності стічної води оцінюється тривалістю періоду часу (але не більше 96 годин), протягом якого проявляється гостра летальна токсичність. Чим менший період часу, протягом якого гине не менше 50% дафній, тим більш токсична вода (табл. 8.1).

Таблиця 8.1 – Класифікація гострої летальної токсичності стічних вод на різних етапах технологічного процесу

Клас токсичності	Характеристика стічної води	Час завершення біотестування, год.	Кількість загиблих дафній, %
1	не виявляє гострої летальної токсичності	96	< 50
2	слаботоксична	96	≥ 50
3	помірно токсична	48	-«-
4	середньо токсична	24	-«-
5	високо токсична	6	-«-
6	надзвичайно токсична	1	-«-

Тестування проводять у приміщенні без шкідливої пари та газів при розсіяному освітленні, температура води 18–22° С. Концентрація O₂ у воді на початку тестування повинна становити **не менш як 6 мг/дм³**, наприкінці – **не менш як 2 мг/дм³**. Кількість загиблих дафній у контролі після закінчення тестування повинна бути не більше 10% від їх початкової кількості. Для контролю використовують дехлоровану питну воду.

Проби досліджуваної та контрольної води наливають у спеціально призначений хімічний посуд об'ємом 100 см³. Усього заповнюють по 3 досліджуваних і контрольних ємності. У кожній із досліджуваних і контрольних ємностей розміщують по 10 екземплярів дафній. Їх переносять за допомогою скляної трубки діаметром 5–7 мм.

Через 1, 6, 24, 48 та 96 годин з початку біотестування у кожній із досліджуваних і контрольних ємностей візуально підраховують кількість живих дафній, які вільно переміщуються у товщі води або спливають із дна ємності не пізніше, ніж через 15 секунд після її струшування. Решту дафній вважають такими, що загинули. Якщо в будь-який із моментів спостереження у досліджуваних ємностях гине не менше 50% дафній, тестування завершують.

Відносну кількість загиблих дафній розраховують за формулою (8.1). Висновок про наявність або відсутність гострої летальної токсичності проби стічної води виконують відповідно до величини A : при $A \geq 50\%$ вважається, що проба води проявляє гостру летальну токсичність; при $A < 50\%$ – не проявляє.

Клас токсичності встановлюють за тривалістю періоду часу, коли проявилася гостра летальна токсичність (табл. 8.1).

Форму подання результатів тестування наведено у табл. 8.2.

Таблиця 8.2

ПРОТОКОЛ

виявлення на дафніях гострої летальної токсичності проб води

Назва підприємства _____

Місце відбору проби _____

Дата і час відбору проби _____

Дата і час початку тестування _____

$LC_{50}-24 K_2Cr_2O_7$

Ємності	Повторність	Час тестування, год.	Концентрація розчиненого кисню, мг/дм ³	Кількість живих дафній, шт.	Середня арифметична кількість живих дафній, шт.	A, %
Контрольні	1					
	2					
	3					
Досліджувані	1					
	2					
	3					

Висновок про токсичність проби стічної води: _____

Клас токсичності _____

Завдання

Визначити ступінь і клас токсичності стічної води на двох різних етапах технологічного процесу за даними біотестування, наведеними у табл. 8.3. На підставі розрахунків зробити відповідні висновки.

Таблиця 8.3 – Результати біотестування

Ємності	Повторність	Час тестування, год.	Концентрація розчиненого кисню, мг/дм ³	Кількість живих дафній, шт.	Середня арифметична кількість живих дафній, шт.	A, %
Етап I						
Контрольні	1	1	6,3	10	1 год. –	
		6	5,8	10		
		24	5,2	10	6 год. –	
		48	4,6	10		
		96	3,8	10		
	2	1	6,4	10	24 год. –	
		6	5,6	10		
		24	5,0	10	48 год. -	
		48	4,3	10		
		96	3,2	9		
	3	1	6,2	10	96 год. –	
		6	5,6	10		
		24	5,1	10		
		48	4,3	10		
		96	3,6	10		
Досліджувальні	1	1	6,4	10	1 год. –	
		6	5,3	10		
		24	5,0	9	6 год. –	
		48	3,8	8		
		96	3,0	7		
	2	1	6,5	10	24 год. –	
		6	5,2	9		
		24	4,9	8	48 год. -	
		48	4,2	7		
		96	3,1	6		
	3	1	6,5	10	96 год. –	
		6	5,7	10		
		24	5,3	9		
		48	4,1	7		
		96	3,7	6		
Етап II						
Контрольні	1	1	6,6	10	1 год. –	
		6	6,0	10		
		24	5,4	10	6 год. –	
		48	4,9	10		
		96	4,0	10		

Ємності	Повторність	Час тестування, год.	Концентрація розчиненого кисню, мг/дм ³	Кількість живих дафній, шт.	Середня арифметична кількість живих дафній, шт.	А, %
	2	1	6,5	10	24 год. –	
		6	5,8	10	48 год. -	
		24	5,3	10		
		48	4,8	9		
		96	3,8	9		
	3	1	6,7	10	96 год. –	
		6	6,2	10		
		24	5,4	10		
		48	4,3	10		
		96	3,6	10		
Досліджувальні	1	1	6,5	10	1 год. –	
		6	5,4	9	6 год. –	
		24	4,4	7		
		48	3,2	6		
		96	1,8	2		
	2	1	6,4	10	24 год. –	
		6	5,6	8	48 год. -	
		24	4,8	7		
		48	3,6	6		
		96	2,2	4		
	3	1	6,6	10	96 год. –	
		6	5,7	8		
		24	4,9	6		
		48	4,1	4		
		96	2,8	3		

1. Висновок про токсичність проби стічної води **на етапі I** технологічного процесу: _____

Клас токсичності _____

2. Висновок про токсичність проби стічної води **на етапі II** технологічного процесу: _____

Клас токсичності _____

ПЕРЕЛІК ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Індивідуальне завдання до змістового модулю №1

Тема: ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА І СТАН БІОРЕСУРСІВ ВОДОЙМ УКРАЇНИ


Мета: опанувати наукову інформацію щодо екологічного стану акваторій, які мають народногосподарське значення в Україні.

Виконання завдання за варіантами:

Варіант	Назва водойми
1	Річка Дністер
2	Річка Самара
3	Річка Інгулець
4	Кам'янське водосховище
5	Київське водосховище
6	Річка Південний Буг
7	Річка Оріль

Опис завдання: підготувати презентацію на 15-20 слайдів, в якій необхідно надати відомості щодо обраної водойми у наступній послідовності:

- титульний лист (бланк університету) з назвою теми і відомостями про виконавця;
- географічне розташування водойми і її тип (поверхнева водойма, водоток);
- значення водойми (для потреб промисловості, зрошення, господарсько-питного використання, рибного господарства, туризму, рекреації);
- фізико-гідрологічна характеристика: площа (для поверхневої водойми), довжина (для водотоку), найбільша і середня глибини, водообмін, кількість притоків (I і II порядку), назва головних притоків, температура води (максимальна, мінімальна і середньо-річна);
- гідрохімічна характеристика: вміст розчиненого у воді кисню (O_2), водневий показник (pH), вміст розчиненого вуглекислого газу (CO_2), загальна мінералізація, вміст біогенних речовин (амонійний азот, нітрити, нітрати, фосфати);
- еколого-токсикологічна характеристика: наявність токсичних забруднюючих речовин антропогенного походження (важкі метали, нафтопродукти, пестициди тощо);
- типи забруднення (токсифікація, сапробізація, евтрофікація, нуклідизація) і основні джерела забруднення;
- стан біоресурсів (промислові види риб, рибопродуктивність);
- наявність заповідного статусу (якщо є) і охоронні заходи.



Індивідуальне завдання до змістового модулю №2
Тема: ЗАСОБИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД І ЗАХИСТУ
АКВАТОРІЙ

Мета: ознайомитись за літературними даними з різними способами очищення стічних вод, підготувати доповідь та презентацію на обрану тему.

Теми, що пропонуються:

1. Засоби механічного очищення стічних вод.
2. Біологічне очищення води з використанням біофільтрів.
3. Біологічне очищення води з використанням біологічних ставків.
4. Методи реагентного (хімічного) очищення води.
5. Аеробне біохімічне очищення води.
6. Очищення води методом зворотного осмосу.
7. «Біоплато» як спосіб очищення води.
8. Мембранні методи очищення води.

У презентації необхідно відобразити наступну інформацію:

- з якою метою використовується обраний спосіб очищення води;
- на яких підприємствах застосовується;
- характеристика обладнання, що використовується для даного способу очищення води;
- принцип роботи обладнання і технологія його використання;
- економічна та екологічна оцінка ефективності даного способу очищення води.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Буднік С. В. Стан водних об'єктів у контексті природокористування в басейнах малих річок. *Управління водними ресурсами в умовах зміну клімату* : мат-ли Міжнар. наук.-прак. конф. м. Київ, 21 березня 2017 р. Київ, 2017. С. 51-52.
2. Бургаз М. І. Біологічний моніторинг водного середовища. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2019. 69 с.
3. Єсіпова Н. Б., Шарамок Т. С., Скляр Т. В., Маренков О. М., Гудим Н. Г., Форощук В. В. Гідроекологічна характеристика сучасного стану Запорізького (Дніпровського) водосховища та його притоків. *Рибогосподарська наука України*. 2023. 4(66). С. 35-48. DOI: <https://doi.org/10.61976/fsu2023.04.035>
4. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом : Закон України від 4 жовтня 2016 р. № 1641-VIII. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/en/1641-19>
5. Зуб Л. М., Томільцева А. І., Томченко О. В. Оцінка стану водоохоронних територій з використанням методів дистанційного зондування Землі (на прикладі Дністровського комплексу ГЕС та ГАЕС). *Гідроенергетика України*. 2016. 3 (4). С. 51–56.
6. Маджд С. М., Панченко А. О., Бондар А. М. Роль вищих водних рослин у деструкції забруднювачів в біоінженерних гідрофітних спорудах. *Наукоємні технології*. 2017. 1 (33). С. 89–93.
7. Методика визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами : наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України 21 липня 2022 року № 252. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0900-22#n21>.
8. Методики гідрографічного та водогосподарського районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу / В. В. Гребін'ята ін. Київ : Інтерпрес ЛТД, 2013. 63 с.
9. Мокін В., Крижановський Є., Варчук І., Скорина Л. Створення і впровадження обласних геоінформаційних систем для моніторингу стану та управління водними ресурсами з використанням басейнового принципу. *Водне господарство України*. 2015. № 3 (117). С. 39–44.
10. Назви суббасейнів та водогосподарських ділянок у межах районів річкових басейнів : Додаток до наказу Міністерства екології та природних ресурсів України від 26.01.2017 р. № 25. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0208-17>
11. Про затвердження Порядку розроблення плану управління річковим басейном : Постанова Кабінету Міністрів України від

18.05.2017 № 336. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/336-2017-%D0%BF>

12. Сташук В. А., Мокін В. Б., Гребінь В. В., Чунар'ов О. В. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом : монографія. Херсон : Грінь Д.С. 2014. 320 с.

13. Степанова О. В., Рома В. В. Моніторинг поверхневих вод : навчальний посібник. Полтава : ПолтНТУ, 2017. 82 с.

14. Екологічні основи управління водними ресурсами : навчальний посібник / А. І. Томільцева та ін. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.

15. Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. 1 (44). С. 8–20.

16. Яцик А. В., Гопчак І. В., Басюк Т. О. Водогосподарсько-екологічне районування, як основа збереження басейнів малих річок. *Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні* : мат-ли Дев'ятої міжнар. наук.-практич. конф. (Львів, 6–7 квітня 2017 р.): 3б. наук. статей. Львів : НУ «Львівська політехніка». С. 100–104.

17. Яцик А. В., Томільцева А. І. Минуле, сучасне, майбутнє водосховищ Дніпровського каскаду. *Гідроенергетика України*. 2014. № 1. С. 20–25.

18. Dinar A. Challenges to Water Resource Management: The Role of Economic and Modeling Approaches. *Water*. 2024. Vol. 16 (4), № 610. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16040610>

19. Grebin V. V., Mokin V. B., Kryzhanivskiy Ye. M., Afanasyev S. A. Optimization of Hydrographic and Water-management Regionalization of Ukraine according to World Approaches and Principles of the EU Water Framework Directive. *Hydrobiological Journal (USA)*. 2016. Vol. 52 (5). P. 81–92. DOI: 10.1615/HydrobJ.v52.i5.90


20. Munne A., Ginebreda A., Prat N. Experiences from Surface Water Quality Monitoring. Springer, 2016. URL: <https://read.kortext.com/library/books/1419272>

21. Satinder A. Monitoring Water Quality. Pollution Assessment, Analysis and Remediation. Elsevier, 2013. 395 p. URL: [Kortext | PDF Reader](#)

22. Subagiyo L., Nuryadin A., Sulaeman N.F., Widyastuti R. Water quality status of kalimantan water bodies based on the pollution index. *Pollution Research*. 2019. № 38(3). P. 536-543.

23. Отримання навичок керування навколишнім середовищем та ресурсами:

Вступ до водоростей : Coursera : веб-сайт. URL: <https://www.coursera.org/learn/algae> (дата звернення: 20.11.2025).



Біотехнологія водоростей : Coursera : веб-сайт. URL: <https://www.coursera.org/learn/algae-biotechnology> (дата звернення: 20.11.2025).

Управління водними ресурсами та політика : Coursera : веб-сайт. URL: <https://www.coursera.org/learn/water-management> (дата звернення: 20.11.2025).

International Water Law : Coursera : веб-сайт. URL: <https://www.coursera.org/learn/international-water-law> (дата звернення: 20.11.2025).



Навчально-методичне видання

**Наталія Борисівна Єсіпова
Наталія Миколаївна Максимова**

ЕКОЛОГІЯ ТА ЗАХИСТ АКВАТОРІЙ:

**методичні рекомендації
до виконання практичних робіт та індивідуальних завдань**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції