

**«ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ
АКВАКУЛЬТУРИ»**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з дисципліни за
освітньо-професійною програмою другого
(магістерського) рівня «Інноваційні технології та
системи захисту навколишнього середовища»
спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»

*Рекомендовано Науково-методичною радою ТОВ
«ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 5 від «26» травня 2023 р.)
Обов'язково до розміщення в репозитарії*

Запоріжжя 2023



Технології захисту об'єктів аквакультури: методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни за освітньо-професійною програмою другого (магістерського) рівня «Інноваційні технології та системи захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» / Уклад. Н. Б. Єсіпова. Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023. 43 с.

Методичні вказівки включають тематику практичних робіт у відповідності до навчальної програми курсу, складаються з теоретичної і практичної частини, містять приклади розрахунків, критерії оцінювання практичних робіт.

Рекомендовано для студентів спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища другого (магістерського) рівня вищої освіти), що вивчають дисципліну «Технології захисту об'єктів аквакультури» як дисципліну вільного вибору.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Затверджено на засіданні кафедри
Екології та економіки довкілля
Протокол № 8 від «04» квітня 2023 р.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Узгоджено:
Секретар Редакційної ради

Малій Х. В.
«6» квітня 2023 р.

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023



ЗМІСТ

ВСТУП		4
Практична робота 1	ІНДЕКСИ ВИЗНАЧЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ	5
Практична робота 2	ЕКОЛОГІЧНІ УГРУПУВАННЯ ГІДРОБІОНТІВ	9
Практична робота 3	ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ І БІОМАСИ ФІТОПЛАНКТОНУ	11
Практична робота 4	БІОІНДИКАЦІЯ ВОДОЙМ ЗА СИСТЕМОЮ САПРОБНОСТІ. РОЗРАХУНОК ІНДЕКСА САПРОБНОСТІ ПАНТЛЕ І БУККА В МОДИФІКАЦІЇ СЛАДЕЧЕКА	16
Практична робота 5	РОЗРАХУНОК ЩІЛЬНОСТІ ПОСАДКИ РИБ У СТАВКИ	22
Практична робота 6	ПІДБІР РИБ У ПОЛІКУЛЬТУРУ	25
Практична робота 7	РОЗРАХУНОК ПОТРІБНОЇ КІЛЬКОСТІ ПЛІДНИКІВ РИБ	29
Практична робота 8	СКЛАДОВІ КОМПОНЕНТИ І ПРИНЦИП РОБОТИ УЗВ	31
Практична робота 9	ВІДТВОРЕННЯ І КУЛЬТИВУВАННЯ ГІЛЛЯСТОВУСИХ РАКОПОДІБНИХ	35
Практична робота 10	СТВОРЕННЯ БІОПЛАТО ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ	39
ПЕРЕЛІК АНАЛІТИЧНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ		42
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА		43



ВСТУП

У зв'язку з посиленням антропогенним забрудненням водних екосистем велике значення набуває збереження біорізноманіття гідроекосистем і розвиток аквакультури. Метою навчальної дисципліни «Технології захисту об'єктів аквакультури» є надання студентам теоретичних знань щодо особливостей існування водних екосистем, які підпадають під вплив техногенних стічних вод; оволодіння практичними навичками оцінювання екологічного стану водних біоценозів; застосування сучасних технологій аквакультури для поповнення природних популяцій гідробіонтів та отримання додаткової харчової продукції.

Практичні заняття передбачають ознайомлення здобувачів вищої освіти з економічно вигідними, ефективними технологіями відтворення і вирощування цінних об'єктів аквакультури, які можна застосовувати в регіонах присутності підприємств «Метінвест Холдингу». Акцентується увага на вивченні технологічних процесів вирощування риб та інших гідробіонтів в установках із замкнутим водопостачанням (УЗВ), які мають певні переваги перед традиційними технологіями.

У результаті виконання практичних робіт студенти отримають наступні навички:

- вміння оцінювати вплив промислових об'єктів на навколишнє середовище, наслідки інженерної діяльності на довкілля і пов'язану з цим відповідальність за прийняті рішення;
- вміння оцінювати рівень екологічної і техногенної безпеки об'єктів господарської діяльності та екологічні ризики за умов недостатньої інформації та суперечливих вимог;
- вміння обирати, обґрунтовувати та впроваджувати найкращі доступні технології та методи керування, моніторингу виробничих параметрів та контролю результатів ефективності здійснення природоохоронної діяльності на підприємствах «Метінвест Холдингу».
- вміння оцінювати екологічний ефект від вдосконалення виробничих процесів в сфері підвищення якості захисту 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

ІНДЕКСИ ВИЗНАЧЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

***Мета:** отримати уявлення про базові одиниці біорізноманіття, ознайомитися з методиками розрахунку індексів видової різноманітності.*

Теоретична частина

У 1992 році саміт ООН з питань довкілля в Ріо-де-Жанейро прийняв визначення біорізноманіття як «мінливості серед живих організмів із будь-яких ареалів, включаючи, зокрема, суходольні, морські та інші водні, та серед екологічних комплексів, частинами яких вони є; це включає мінливість всередині видів, між видами, та між екосистемами». Натомість різноманіття означає не тільки кількість видів (або інших таксонів), але й розподіл їх ряснотою (наприклад, за частотою трапляння, за часткою). Високе біорізноманіття забезпечує стабільність та продуктивність екосистем.

Просторові рівні біорізноманіття:

Локальний рівень – α -різноманітність – різноманітність видів, що виражається числом видів тварин або рослин на одиницю площі одного угруповання або біотопу.

Ландшафтний рівень - β -різноманітність - це ступінь відмінності у видовому складі між різними типами угруповань або біотопів.

Регіональний рівень – γ -різноманітність – різноманітність видів у межах великих регіонів. Цей рівень у порівнянні з β -різноманіттям відноситься до більших просторових одиниць.

Континентальний рівень – ϵ -різноманітність – загальна різноманітність групи територій γ -різноманіття, що відноситься до великих біогеографічних областей.

Індекси оцінки α -різноманітності

Індекс Шеннона – є головним індексом для оцінки видового α -різноманіття в гідробіології. Він відображає співвідношення між числом особин видів і загальною чисельністю популяції і розраховується окремо для видового складу зоопланктону, зообентосу, фітопланктону, іхтіофауни. Чим більше індекс Шеннона, тим більше видове різноманіття. Значення індексу має межі від 1,5 до 3,5 і рідко перевищує 4,5. Значення індексу Шеннона менше 1,5 свідчить про низьке біорізноманіття; від 1,5 до 2,5 – про середнє; більше 2,5 – про високе біорізноманіття.

Індекс Шеннона розраховується за формулою:

$$H = - \sum (n \div N) \times \log(n \div N)$$

де, N – загальна чисельність особин,
n – число особин кожного виду.

Приклад. У пробі риб зі ставка є 20 екземплярів карасів, 8 окунів і 12 екземплярів плітки. Необхідно розрахувати індекс Шеннона.

1. $n_1 = 20$ екз., $n_2 = 8$ екз., $n_3 = 12$ екз., $N = 40$ екз.
2. $H_1 = - [(20:40) \times \log (20:40)] = - [0,5 \times (-0,301)] = 0,15.$
3. $H_2 = - [(8:40) \times \log (8:40)] = - [0,2 \times (-0,699)] = 0,14.$
4. $H_3 = - [(12:40) \times \log (12:40)] = - [0,3 \times (-0,523)] = 0,16.$
5. $H = 0,15 + 0,14 + 0,16 = 0,45.$

Відповідь. Індекс Шеннона дорівнює 0,45, що свідчить про низьке видове різноманіття іхтіофауни в ставку.

Індекс Менхініка (видового різноманіття, або багатства) є характеристикою кількості видів, що припадає на одиницю сумарної численності (рясноти), в якості якої може бути взята загальна чисельність або біомаса:

$$M = \frac{A}{\sqrt{N}}$$

де, A – кількість видів,
N – сумарна чисельність всіх видів угруповання.

Приклад: За даними попередньої задачі: $A = 3$ (три вида – карась, окунь, плітка), $N = 20 + 8 + 12 = 40$ екз. $M = 3 : \sqrt{40} = 1,19.$

Відповідь. Індекс Менхініка дорівнює 1,19, що свідчить про низьке видове різноманіття іхтіофауни в ставку.

Індекси оцінки β -різноманітності

Індекс Жаккара використовується для оцінки видової або фауністичної подібності. Може бути розрахований як між угрупованнями в цілому ($J_{\text{заг}}$), так і між домінуючими комплексами видів ($J_{\text{дом}}$):

$$J = \frac{c}{a + b - c}$$

де, a і b – кількість видів в порівнюваних угрупованнях,
c – кількість спільних видів

Індекс Жаккара більше 0,8 свідчить про високу видову або фауністичну подібність між екосистемами.



Приклад. В одному ставку мешкає 4 види риб (карась, окунь, судак, плітка), в другому ставку – 5 видів (карась, сом, плітка, щука, лящ). Розрахувати індекс Жаккара.

За умовами задачі: $a = 4$, $b = 5$, $c = 2$

$$J = 2 : (4 + 5 - 2) = 0,29.$$

Відповідь. Індекс Жаккара дорівнює 0,29, тобто видова подібність іхтіофауни між двома ставками невисока.

Індекс Серенсена – як і індекс Жаккара використовується для порівняння ступеню видової подібності біоценозів і розраховується за формулою:

$$K = \frac{2c}{a + b}$$

де, a і b - число видів, виявлених у кожному з порівнюваних біоценозів,

c - число спільних видів.

Приклад. За даними попередньої задачі: $K = (2 \times 2) : (4 + 5) = 0,44$.

Завдання

1. Чисельність угруповань зообентосу (n , екз/м²) на різних ділянках Запорізького водосховища складає за варіантами:

Таблиця 1.1

Чисельність угруповань зообентосу за варіантами

Групи зообентосу	о. Монастирський				Самарська затока			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Поденки	2	4	7	12	2	6	0	14
Олігохети	5	2	5	2	10	8	4	3
Хірономіди	4	8	3	4	3	4	3	6
Молюски	5	0	5	2	3	2	4	0
Гаммариди	3	4	2	1	0	2	0	5
П'явки	0	0	0	0	2	3	4	1



2. Розрахувати індекси оцінки α -різноманітності (Шеннона, Менхініка) і індекси β -різноманітності видової подібності (Жаккара, Серенсена) за відповідними варіантами, отримані дані занести в таблицю 1.2:

Таблиця 1.2

Індекси біорізноманіття різних ділянок
Запорізького водосховища

Індекси	о. Монастирський	Самарська затока
Індекс Шеннона		
Індекс Мехнініка		
Індекс Жаккара		
Індекс Серенсена		

У висновку необхідно зробити порівняльний аналіз α - і β -біорізноманіття між двома ділянками Запорізького водосховища.

Контрольні питання

1. Які існують просторові рівні біорізноманіття?
2. Які індекси використовують для оцінки α -різноманітності і як вони визначаються?
3. Як визначаються індекси для оцінки β -різноманітності?
4. З якою метою використовують індекси β -різноманітності?

Практична робота 2

ЕКОЛОГІЧНІ УГРУПУВАННЯ ГІДРОБІОНТІВ

Мета: засвоїти еколого-біологічні особливості різних екологічних угруповань водних мешканців і біотопи їх мешкання; навчитись класифікувати екологічні угруповання гідробіонтів.

Завдання

1. Ознайомитись з лекційним матеріалом і засвоїти класифікацію екологічних угруповань гідробіонтів за біотопом мешкання і типом живлення.

2. У таблиці 2.1 наданий перелік видів-гідробіонтів українською і латинською мовами. Необхідно ознайомитись з біологічними особливостями і біотопами мешкання кожного виду, використовуючи рекомендовану літературу.

3. Визначити екологічне угруповання, до якого відноситься вказаний вид гідробіонту, в таблиці поставити знак (+) проти відповідного угруповання.

Таблиця 2.1

Види гідробіонтів та екологічні угруповання

Види гідробіонтів		Нейстон		Планктон		Бентос		Перифітон	Плейстон	Нектон
		епі-	гіпо-	фіто-	зоо-	фіто-	зоо-			
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Сом <i>Silurus glanis</i>									
2	Дрейсена бузька <i>Dreissena bugensis</i>									
3	Лящ <i>Abramis brama</i>									
4	Синьо-зелена водорість Мікроцистіс <i>Microcystis aeruginosa</i>									
5	Личинка комара Хірономіда <i>Chironomus plumosus</i>									



Продовження таблиці 2.1

6	Глечик <i>Nuphar lutea</i>									
7	Карась сріблястий <i>Carassius gibelio</i>									
8	Рогоз <i>Typha latifolia</i>									
9	Гіллястовусий рачок Дафнія <i>Daphnia pulex</i>									
10	Водомірка <i>Gerris lacustris</i>									
11	Щука <i>Esox esox</i>									
12	Коловертка Брахіонус <i>Brachionus</i>									
13	Зелена водорість Хлорела <i>Chlorella vulgaris</i>									
14	Ряска <i>Lemna trisulca</i>									
15	Мідія <i>Mytilus edulis</i>									

3. Із наданих видів сформувати гіпотетичну водну міні-екосистему (не менш 8 видів), яка буде представлена різними екологічними угрупуваннями, пов'язаними між собою трофічними взаємовідносинами за ланцюгом: продуценти – консументи I порядку – консументи II порядку. Можна додати інші види за власним бажанням.

Контрольні питання

1. Які екологічні угрупування гідробіонтів мешкають у товщі води?
2. Які угрупування гідробіонтів утворюють «плівку життя»?
3. Охарактеризуйте особливості екологічного угрупування «перифітон».
4. Де мешкає угрупування гідробіонтів «плейстон»?
5. Які гідробіонти входять до складу нектону?
Які трофічні ланцюги існують у водних біоценозах?

Практична робота 3

ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ І БІОМАСИ ФІТОПЛАНКТОНУ

Мета: ознайомитись з правилами відбору, фіксації і обробки проб фітопланктону; навчитись розраховувати чисельність і біомасу планктонних водоростей.

Теоретична частина

Відбір проб фітопланктону. Розташування пунктів відбору проб фітопланктону на водному об'єкті залежить, насамперед, від положення джерел забруднення на його водозабірній площі. Відбір проб здійснюють на ділянках до і після цих джерел (підприємницьких і сільськогосподарських комплексів, населених пунктів). Нижче джерела забруднення бажано відібрати якомога більше проб (на відстані 50, 100, 200, 300, 400, 500 м від джерела забруднення).

Стандартні глибини відбору проб у водній товщі: 0; 1; 2,5; 5; 10; 20 м. З кожного горизонту проби фітопланктону відбирають батометром в об'ємі від 0,5 до 1 л (залежно від ступеню розвитку фітопланктону) і консервують. У річках вертикальний розподіл фітопланктону відносно рівномірний, тому відбір проб звичайно роблять із поверхневого шару 0,2 – 1 м глибини батометром або простим зачерпуванням певного об'єму води.

Для кількісного аналізу фітопланктону використовують батометри різних типів. Найбільш простий у виготовленні та зручний у застосуванні батометр Паталаса (рис. 3.1). Він складається з однієї літрової пластикової циліндра з верхньою і нижньою вставками.

Відбір проб води здійснюють шляхом опускання приладу. Під час руху донизу кришки підіймаються і стовп води проходить через циліндр батометра. На запланованій глибині рух батометра припиняється й вода у середині труби запирається пасивно падаючими кришками.



Рис. 3.1. Батометр Паталаса

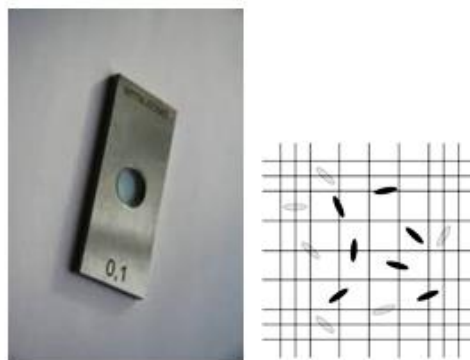


Рис. 3.2. Камера Нажотта з лічильною пластинкою



Підготовка проби. Відібрану пробу консервують 40%-м формальдегідом із розрахунку 1:100, етикетують і транспортують у лабораторію. В подальшому пробу необхідно згустити. Згущення відбувається методом седиментації (осадження).

Пробу фітопланктону відстоюють в темному прохолодному місці 10 – 12 діб. За цей час переважна більшість водоростей осідає на дно пляшки, а деякі піднімаються і концентруються на поверхні проби. Після цього за допомогою сифону відбирають середній шар води, залишаючи 50 – 100 мл проби. Сифон – це скляна трубка завдовжки 20 – 25 см, діаметром 12 – 15 мм. З однієї сторони трубка закрита ситом (№76), складеним у декілька шарів, а на другий кінець одягається гумова трубка завдовжки 70 – 80 см. Цю процедуру проводять повільно і дуже обережно, не допускаючи порушення осаду.

Обчислення чисельності фітопланктону. У гідробіологічних дослідженнях для опрацювання альгологічних проб використовуються світлові, електронні скануючі та трансмісійні мікроскопи. Основна вимога до мікроскопа – це величина збільшення. Для отримання репрезентативних результатів збільшення мікроскопу повинно бути 8^x, 20^x, 40^x, 90^x.

Для підрахунку клітин водоростей використовують лічильні камери Нажотта об'ємом 10 – 50 мм³ (рис. 3.2), або Горяєва (0,9 мм³). Підготовлену концентровану пробу виливають у мірну склянку, ретельно перемішують, штемпель-піпеткою відбирають 0,1 см³ і переносять у лічильну камеру.

Лічильну пластинку з порцією проби продивляються під мікроскопом, визначають видовий склад і підраховують кожний вид водоростей. Залежно від кількості організмів у пробі підраховують або усі, або частину доріжок (квадратів) на поверхні лічильної пластинки.

Якщо кількість водоростей складає не більше тисячі, обчислюють вміст всієї камери, десятки тисяч – 5 доріжок із 40, сотні тисяч – 2 доріжки із 40. Необхідно проводити повторні підрахунки кількох порцій однієї й тієї ж проби.

Чисельність фітопланктону розраховують на 1 дм³ (1 л) за формулою:

$$N = k \times n \times \frac{A}{a} \times v \times \frac{1000}{V}$$

де, N – кількість водоростей в 1 дм³ води досліджуваної водойми (тис. кл/дм³);

k – коефіцієнт, що показує, у скільки разів об'єм використаної камери менший за 1 см³;

n – кількість клітин водоростей на переглянутих доріжках лічильної камери;

A – кількість доріжок (квадратів) лічильної камери;

a – кількість доріжок (квадратів), де підраховувалась кількість водоростей;

V – об'єм проби фітопланктону, взятий на водоймі, см^3 ;
 v – об'єм концентрованої проби, з якого розраховуються показники фітопланктону, см^3 ;
1000 – коефіцієнт перерахунку клітин у тис. клітин.

Дані про чисельність водоростей необхідні для визначення їх біомаси, для оцінки первинної продукції і біорізноманіття водних екосистем, здійснення екологічної оцінки і біоіндикації гідроекосистем, для розрахунків зариблення водойми рибами-фітопланктонофагами (білий товстолобик).

Обчислення біомаси фітопланктону. Біомаса фітопланктону визначається розрахунково-об'ємним методом. Для цього потрібно встановити середню масу (об'єм) клітин водоростей. Для визначення об'єму водоростей їх прирівнюють до певних геометричних фігур, найбільш подібних до даної морфологічної форми: куля, паралелепіпед, циліндр, конус, октаедр тощо (рис. 3.3)

Об'єм клітин визначають за геометричними формулами. Для цього використовують лінійні розміри клітин (радіус, висоту, довжину), які вимірюють окуляр-мікрометром. Іноді використовують готові, обчислені раніше середні об'єми клітин для різних видів водоростей, які наводяться в літературі.



Рис. 3.3. Різноманітність форм клітин у водоростей

Завдання

Необхідно розраховувати загальну чисельність і загальну біомасу водоростей в пробах фітопланктону з річки Самара відповідно до свого варіанту (табл. 3.1).



Таблиця 3.1

Кількість клітин водоростей на переглянутих доріжках лічильної камери за варіантами

Представники фітопланктону	Об'єм клітини в мкм ³	Варіанти					
		1	2	3	4	5	6
Хлорококові: <i>Pediastrum duplex</i>	301,2	40	84	29	52	92	38
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	268,0	48	27	67	28	58	-
Вольвоксові: <i>Chlamidomonas sp.</i>	777,0	286	540	148	168	182	550
Діатомові: <i>Navicula sp.</i>	890,0	167	372	296	490	344	166
<i>Melozira sp.</i>	1907,5	127	154	263	56	380	134
<i>Cyclotella sp.</i>	500,0	28	120	-	78	64	92
Евгленові: <i>Euglena acus</i>	2143,0	80	-	118	130	110	184
Синьозелені: <i>Oscillatoria sp.</i>	42,4	24	48	56	52	-	63
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	81,6	-	26	44	-	48	18
<i>Anabena spiroides</i>	150,0	354	385	640	173	120	142

1. Спочатку розраховуємо чисельність кожного виду водоростей в 1 дм³ за формулою, потім підсумовуємо і визначаємо загальну чисельність водоростей. Наступні вихідні данні для розрахунків є однакові для всіх варіантів:

$k = 0,9$; $V = 1000 \text{ см}^3$ (1 л); $v = 50 \text{ см}^3$; $A = 40$ доріжок; $a = 10$ доріжок.

2. Розраховуємо біомасу окремих видів водоростей і підсумкову біомасу. Для цього використовуємо дані об'єму клітин, подані в табл. 3.1. Цей об'єм (мкм³) помножують на чисельність клітин і отримують значення біомаси (мг/дм³).

3. Отримані результати заносимо в таблицю 3.2.



Таблиця 3.2

Загальна чисельність і загальна біомаса фітопланктону

Представники фітопланктону	Кількість клітин водоростей		Біомаса водоростей, мг/дм ³
	в 0,1 мл (порція)	в 1 л (дм ³)	
См. табл. 3.1			
Всього			

У висновку необхідно вказати загальну чисельність (тис. кл./дм³) і загальну біомасу (мг/дм³) фітопланктону в пробі з р. Самари.

Контрольні питання

1. Як відбувається відбір і фіксація проб фітопланктону?
2. Який принцип роботи батометру Паталаса?
3. Яка методика обчислення чисельності фітопланктону?
4. Як розрахувати біомасу фітопланктону?
5. Для чого використовують показники чисельності і біомаси фітопланктону?

Практична робота 4

БІОІНДИКАЦІЯ ВОДОЙМ ЗА СИСТЕМОЮ САПРОБНОСТІ. РОЗРАХУНОК ІНДЕКСА САПРОБНОСТІ ПАНТЛЕ І БУККА В МОДИФІКАЦІЇ СЛАДЕЧЕКА

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

Теоретична частина

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

Загальні принципи індикації ступеня забруднення водойм органічними речовинами з використанням гідробіонтів розробили Р. Кольквітц і М. Марссон (1908 р.), які запропонували поняття сапробності. У подальшому цей підхід був розвинутий у роботах Р. Пантле та Г. Букка (упровадили кількісний індекс сапробності), Х. Лібманна, В. Сладечека (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 чистої до найбруднішої розділити на кілька класів, то для кожного із них можна визначити групу організмів, що пристосувалися до умов певного класу якості води. Такий підхід до визначення якості води отримав назву «Система сапробності». Під сапробіологічною характеристикою будь-якого виду розуміють їхню здатність мешкати у воді з відповідним рівнем органічного забруднення.

Система сапробності 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.

Полісапробна зона – вода найбрудніша, 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, гриби, актиноміцети, деякі види водоростей. 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 безпосередньо та 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 віслучок), личинки двокрилих. 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.

У **β -мезосапробних** водах відмічається незначна кількість нестійких органічних речовин, що розклалися до окислених продуктів. В таких водах зменшена кількість 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 β -мезосапробної зони є зелені і синьо-зелені водорості, вищі водні рослини, численні види найпростіших, сюди належить більшість видів моллюсків, ракоподібних, губки, різноманітні риби. Більшості нашим водоймам 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. Олігосапробні організми, які населяють чисті або слабо забруднені органічними речовинами води, представлені різноманітними видами діатомових водоростей (зазначимо, що явища «цвітіння» води тут не буває). Видами-індикаторами олігосапробних умов є численні харові водорості, деякі вищі водні рослини, ракоподібні, коловертки, моллюски, личинки комах та риби.

Ксеносапробна зона – це холодні води чистих гірських струмків, озер, джерел, у яких біота збіднена та відмічається мінімальна кількість органічних речовин.



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, що використовують для оцінки сапробності, складається з більш ніж двох тисяч мікро- та макроорганізмів, для яких відомі індекси сапробності виду. Користуючись подібними списками, можна оцінити сапробність тої чи іншої водойми.

Метод визначення сапробності є чи не найбільше розробленою системою біоіндикації. Для визначення класу якості води та зони сапробності розраховується **індекс сапробності Пантле і Букка** в модифікації Сладечека, який, крім індикаторної значущості видів, враховує і кількість особин індикаторних організмів (абсолютна кількість, умовні бали або процентне співвідношення).

Для розрахунку використовується формула:

$$I = \frac{\sum (s \times h)}{\sum h}$$

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 оковимірювальною 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 **одиночно**.

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.

Розрахунок індексу сапробності за формулою дозволяє встановити якість води та ступінь її забруднення органічними речовинами.



Співвідношення індексу сапробності, зони сапробності та класу якості води наведено у таблиці 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
α-мезосапробна	1,51-2,50	III клас якості - помірно забруднена
β-мезосапробна	2,51-3,50	IV клас якості - забруднена
полісапробна	> 3,51	V клас якості - брудна

Завдання

Розрахувати індекс сапробності Пантле і Букка (I_c), визначити клас якості води і зону сапробності за даними, представленими в таблиці за варіантами. У висновку вказати індекс сапробності, клас якості води і зону сапробності.

Приклад

Групи організмів	Частота зустрічальності	h	S	S x h
ксеносапроби	одиночно	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
		$\sum h = 19$		$\sum(S \times h) = 50$

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

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



Варіанти для виконання завдання

Варіант 1

Групи організмів	Частота зустрічальності	h	S	S x h
ксеносапроби	одиночно			
олігосапроби	дуже рідко			
α -мезосапроби	нерідко			
β -мезосапроби	часто			
полісапроби	часто			
		Σh		$\Sigma(S \times h)$

Варіант 2

Групи організмів	Частота зустрічальності	h	S	S x h
ксеносапроби	нерідко			
олігосапроби	часто			
α -мезосапроби	нерідко			
β -мезосапроби	дуже рідко			
полісапроби	одиночно			
		Σh		$\Sigma(S \times h)$

Варіант 3

Групи організмів	Частота зустрічальності	h	S	S x h
ксеносапроби	дуже рідко			
олігосапроби	нерідко			
α -мезосапроби	нерідко			
β -мезосапроби	часто			
полісапроби	дуже рідко			
		Σh		$\Sigma(S \times h)$



Варіант 4

Групи організмів	Частота зустрічальності	h	S	S x h
ксеносапроби	одиночно			
олігосапроби	дуже рідко			
α -мезосапроби	нерідко			
β -мезосапроби	багато			
полісапроби	нерідко			
		Σh		$\Sigma(S \times h)$

Варіант 5

Групи організмів	Частота зустрічальності	h	S	S x h
ксеносапроби	одиночно			
олігосапроби	нерідко			
α -мезосапроби	багато			
β -мезосапроби	часто			
полісапроби	дуже рідко			
		Σh		$\Sigma(S \times h)$

Контрольні питання

1. Що таке сапробність і система сапробності?
2. Які існують зони сапробності і чим вони характеризуються?
3. Що таке індивідуальний індекс сапробності?
4. Як розрахувати індекс сапробності Пантле і Букка в модифікації Сладечека?
5. Для чого використовують індекс сапробності?

Практична робота 5

РОЗРАХУНОК ЩІЛЬНОСТІ ПОСАДКИ РИБ У СТАВКИ

Мета: ознайомитися з екологічними і біологічними факторами, які враховуються для визначення щільності посадки риб; засвоїти методику розрахунків щільності посадки риб у нагульні ставки.

Теоретична частина

В умовах індустріального рибництва щільність посадки є найважливішим економічним чинником. Чим вища концентрація вирощуваних риб, тим вища економічна віддача рибоводної площі. По мірі збільшення щільності посадки риб зростає **потреба в кисні** і необхідність видалення продуктів обміну, тобто зростає потреба в посиленні подачі води і проточності. При цьому слід враховувати, що споживання рибою кисню прямо пропорційне температурі води і обернено пропорційне до маси риби.

Залежно від температури води змінюється інтенсивність споживання кисню рибою. Якщо при 20 °С споживання кисню рибою прийняти за 1, то при 15, 10, 5 °С воно зменшується відповідно в 1,6; 2,7 і 5,2 рази.

На активність споживання кисню впливає маса риби, температура води, інтенсивність годівлі, щільність посадки, рухливість риби, час доби.

Оскільки витрата води на одиницю продукції є економічним чинником, є доцільним зменшити його величини відповідно до зменшення температури води. Це можна зробити, використовуючи температурні коефіцієнти для приведення значень обміну на будь-яку температуру.

Одночасно зі зниженням температури води, як відомо, підвищується розчинність в ній кисню. В таблиці 5.1 представлена залежність між температурою води і концентрацією розчиненого у воді кисню.

Таблиця 5.1

Залежність між температурою води і концентрацією розчиненого у воді кисню

Температура води, °С	Концентрація кисню, мг/л
0	14,6
5	12,3
10	11,3
15	9,8
20	9,1
25	8,1
30	7,5
40	6,5



Отже, при зниженні температури підвищується забезпеченість риб киснем і відповідно знижується потреба риби у воді.

Щільність посадки риб у нагульні ставки, де вирощується товарна риба, визначається комплексом факторів, як біологічного, так і екологічного характеру. При цьому враховуються такі показники: загальна (планова) рибопродуктивність, планова середня маса одноліток, виживання молоді, запланована середня маса дволіток.

Розрахунки потреб господарств у рибопосадковому матеріалі для зариблення нагульних ставів проводяться, виходячи з величини заданої (планової) рибопродуктивності.

При розрахунках потреб господарства в рибопосадковому матеріалі для нагульних ставів застосовують наступну формулу:

$$X = \frac{S \times \text{Пр} \times 100}{(M - m) \times v}$$

де, X – потреби господарства у рибопосадковому матеріалі (однолітках), екз.;

S – площа ставу, га;

Пр – планова рибопродуктивність, кг/га;

M – маса кінцевої рибної продукції (дволіток), кг;

m – маса посадкового матеріалу (одноліток), кг;

v – виживання (вихід) дволіток, %.

Приклад. У нагульному ставку площею 100 га планується виростити 80 тонн коропа середньою масою 500 г. Маса рибопосадкового матеріалу (одноліток) – 25 г. Необхідно розрахувати щільність посадки риби у ставок і потребу в рибопосадковому матеріалі.

1. Запланована рибопродуктивність ставка становить:

$$80000 \text{ кг} : 100 \text{ га} = 800 \text{ кг/га.}$$

2. Загальна потреба ставка у рибопосадковому матеріалі буде становити:

$$X = (100 \times 800 \times 100) : (0,5 - 0,025) \times 80 = 210500 \text{ екз.}$$

Висновок: для отримання товарної продукції коропа в кількості 80 тонн, необхідно посадити у ставок рибопосадкового матеріалу в кількості 210,5 тис. екземплярів одноліток.

Завдання

За аналогією з наведеним вище прикладом, необхідно розрахувати щільність посадки одноліток коропа в ставок і потребу в рибопосадковому матеріалі за варіантами (табл. 5.2).



Таблиця 5.2

Варіанти завдання

Варіанти	Показники			
	площа ставка, га	запланований обсяг товарних дволіток коропа, тонн	середня маса дволіток коропа, г	середня маса одноліток коропа, г
1	120	84	400	25
2	80	60	350	20
3	70	45	450	30
4	135	90	300	20
5	65	50	500	35
6	140	98	320	25

У висновку зазначити щільність посадки риб у ставок і загальну кількість рибопосадкового матеріалу (одноліток коропа) для отримання запланованої товарної продукції коропа.

Контрольні питання

1. Від яких факторів залежить щільність посадки риб у ставки?
2. Яка існує залежність між температурою і вмістом кисню водного середовища?
3. Як розрахувати потребу господарства у рибопосадковому матеріалі?

Практична робота 6

ПІДБІР РИБ У ПОЛІКУЛЬТУРУ

***Мета:** ознайомитись з біологічними особливостями живлення риб і вимогами до створення полікультури в ставковому рибництві; навчитись підбирати різні види риб та інших гідробіонтів у полікультуру, опираючись на знання особливостей їх харчування і вимог до навколишнього середовища.*

Теоретична частина

При утворенні полікультури не повинно бути міжвидової конкуренцію у об'єктів аквакультури за корм. Це забезпечить ефективне використання природної кормової бази. Із риб, що харчуються донними тваринними організмами, для полікультури можуть бути рекомендовані: лин, золотий карась, срібний карась; із хижих риб – судак, щука, форель; з рослиноїдних – білий амур та білий товстолобик. Значення окремих видів риби у полікультури неоднакове. У південних районах провідну роль відіграє білий товстолобик – не менш як 70 % товарної продукції, строкатий товстолобик – не менш як 20 %, білий амур – близько 10 %. Перспективними об'єктами для водойм різного походження є веслоніс, піленгас, буфало.

Рослиноїдні риби зробили полікультуру провідним чинником інтенсифікації рибництва без зміни біотехніки вирощування коропа. Рослиноїдні риби нині вже дають у середньому 25 % продукції товарного рибництва. Нижче наведена характеристика живлення обновних об'єктів ставкового рибництва в Україні.

Короп. Теплолюбний вид. Діапазон температури, при якій відбувається найкраще засвоєння корму – 22–27 °С. За типом живлення всеїдний. Природна їжа коропа складається з живих та мертвих організмів тваринного (70-90 %) і рослинного походження (10–30 %). Дорослий короп безпосередньо з мулу отримує організми бентоса – олігохети, личинок хірономід та дрібних молюсків.

Білий амур – типовий фітофаг, віддає перевагу вищим водним рослинам (рдест, елодея, ряска, роголистник, уруть). Їсть м'яку рослинність найбільш охоче, але за її відсутності дорослі риби переходять на жорстку рослинність, таку як очерет і рогіз. З наземних рослин амур віддає перевагу клеверу, люцерні, злакам.

При температурі води 25–30 ° С добова дієта білого амуру може перевищувати масу тіла. При температурі 10 °С і нижче амур перестає їсти. Здатність їсти велику кількість водної рослинності дозволяє використовувати білого амура як біологічного меліоратора для очистки ставків від рослинності.



Білий товстолобик. У харчуванні білого товстолобика фітопланктон відіграє головну роль, але він також їсть детрит. На живлення фітопланктоном товстолобик переходить при довжині тіла 1,5 см, до цього він живиться зоопланктоном. В раціоні білого товстолобика знаходяться всі групи водоростей, але він віддає перевагу діатомовим та зеленим. Може ефективно їсти і синьо-зелені водорості, включаючи мікроцистіс, який викликає «цвітіння» води. Детрит також важливий для харчування білого товстолобика, частка якого може досягти 90%.

Раціон **строкатого товстолобика** більш ширший, ніж білого товстолобика. Основна їжа – зоопланктон, але він може споживати фітопланктон та детрит у великих кількостях. У ставках при вирощуванні з коропом обидва види можуть давати додаткові прирости за рахунок використання штучних кормів. Маса білого товстолобика на півдні України становить 1–1,5 кг, строкатого до 2 кг. Оптимальна температура для росту і споживанню їжі – 24–26 °С.

Чорний амур. Активний молюскоїд. За відсутністю молюсків він переходить на детрит та інші безхребетні. В умовах достатньої кількості їжі може досягати 2,5 кг за два роки, за 4 роки – до 10 кг. Це дуже перспективний об'єкт для ставків і водойм-охолоджувачів, де виникають проблеми з масовим розвитком молюска дрейсени. У ставках чорного амура можна використовувати як біологічного меліоратора. Вживаючи молюсків, він зменшує небезпеку паразитарних захворювань риби.

Карась золотий та срібний часто зустрічається у рибогосподарських ставках. Наявність карася в ставках небажана, тому що він є конкурентом коропа в харчуванні як природних, так і штучних кормів. Їжа дорослого карася складається з водоростей і бентосних тварин – личинок комах (хірономід), олігохет. Частка рослинної їжі у карася більше, ніж у коропа (до 60 %).

Обидва види карасів є невибагливими до гідрохімічних умов. Витримують рН до 4,5 та зниження вмісту кисню – до 0,5 мг/л. В умовах забезпеченості кормом на другому році життя досягають 200–300 г. Оптимальна температура – 22 – 24 °С.

Великоротий буффало (риба-буйвол). За характером живлення відноситься до зоопланктофагів, але здатний споживати велику кількість детриту. Він може бути об'єктом як ставів, так і водойм-охолоджувачів. Оптимальна температура для харчування та росту становить 22–28 °С. Середня маса дворічних буффало 250–350 г, п'ятирічних – 1 кг.

Стерлядь – один з небагатьох представників осетрових риб, що постійно живуть у прісних водах. У молоді основною їжею є нижчі ракоподібні і частково дрібні безхребетні бентосні тварини. У дорослої стерляді основу живлення складають дрібні молюски, черв'яки, бентосні ракоподібні та личинки комах, зрідка – зоопланктон, ікра та молодь риб. Інколи, переважно вночі або ввечері, стерлядь може підійматись до



поверхні води, де живиться комахами, які падають на воду. Тобто у стерляді переважає в раціоні виключно тваринна їжа.

Оптимальний для активного живлення та росту стерляді діапазон температур води становить 22–24 °С. За температури води нижче + 17–18 °С вона продовжує активно споживати їжу, але темп її росту значно знижується.

Райдужна форель – є представником родини лососевих і основним об'єктом холодноводного рибництва.

Оптимальна температура росту знаходиться в діапазоні 12–18 °С. Зі зниженням температури води нижче 4 °С та збільшенням понад 20 °С інтенсивність живлення форелі зменшується приблизно в 2,5 рази. У природних умовах основною їжею дорослої форелі є рачки гамариди, поденки та інші водяні комахи, а також повітряні комахи, які потрапляють у річку. Якщо вибір корму обмежений, форель їсть хірономід та інших личинок комах. Форель веде хижий спосіб життя з 4 -го року. Вона дуже вибаглива до якості їжі. Їсть майже цілий день і ніч при наявності штучного освітлення.

Канальний сом (американський сом, сом-кішка). Теплолюбний і швидко росте. Оптимальна температура для росту живлення – 26–28 °С. Типовий поліфаг і споживає різноманітну їжу, в основному, тваринну, донну (хірономід, червів, дрібних молюсків). В умовах штучного вирощування їсть фарш із селезінки великої рогатої худоби, риби, гранульований корм.

Судак і окунь – представники родини Окуневі. Типові хижаки. У ставах споживають дрібну сміттєву рибу (верхівку, вівсянку, амурського чебачка, гірчака), пуголовок жаб, дрібних ослаблених ставкових риб (короп, карась). Є біосанітарами ставів. Висаджувати молодь хижих риб можна лише у нагульні ставки в кількості не більше 10 тис. шт./га. Оптимальна температура для росту – 20–24 °С.

Щука – активний хижак. Росте у ставах дуже швидко. Якщо у ставу багато карася (улюблений харчовий об'єкт щук), молодь щуки за одне літо може набрати масу 400–500 г. На 1 кг приросту щука споживає 3 кг риби. Висаджують у нагульні ставки молодь щуки в кількості 300 екз./га. Активно росте і харчується при температурі 18–22 °С.

Сиг – хижак, прекрасно себе почуває тільки в ідеально чистій і холодній воді (температура 12–16 °С). Сиг прекрасно уживається з харіусом, окунем, фореллю. Риба годується протягом усіх 12-ти місяців, включаючи і зимові місяці. Основним джерелом живлення сига є донні мікроорганізми. Сиг очікує свою жертву, перебуваючи в ямі.

Інші об'єкти аквакультури

Річковий рак. Полює вночі, виходить зі своїх сховищ і нищпорить, відшукуючи їжу, що складається як з личинок комах, рослин, молюсків і риб, і взагалі будь-якої падалі. Їжу, що розкладається, він відчуває здалека. Раки можуть нападати на невеликих молюсків, пуголовок або навіть жаб.

Гігантська прісноводна креветка – теплолюбний вид, активно росте при температурі вище 20 °С. За типом живлення – хижак. Креветки нападають на маленьких риб, особливо їх молодь, на молюсків. Відомі випадки нападів навіть на риб, які перевершують креветок у розмірах. Личинки креветки їдять дрібні форми зоопланктону. При високій щільності посадки відбувається канібалізм.

Завдання

1. Ознайомтесь з біологічними особливостями риб і раків, яких можна використовувати як об'єкти ставкового вирощування.

2. Створіть 3 варіанти полікультури для тепловодного рибництва з 3–5 об'єктами вирощування, які не будуть конкурентами у живленні:

I варіант – полікультура для ставів, які мають розвинену кормову базу з фітопланктону, зоопланктону і зообентосу.

II варіант – полікультура для ставів, які мають великі зарості водної рослинності (рогоз, комиш та ін.).

III варіант – полікультура для ставів, які мають багато дрібної малоцінної «сміттевої» риби.

Результати роботи необхідно занести в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1

Варіанти полікультури для ставів з різними еколого-біологічними характеристиками

Варіанти полікультури	Об'єкти полікультури	Співвідношення об'єктів у полікультурі

Контрольні питання

1. Що таке полікультура в рибництві і за якими принципами її створюють?

2. Які існують види полікультурі в сучасному рибництві?

3. Назвіть популярні об'єкти тепловодної аквакультури, які можна використовувати для створення полікультури.

4. З якою метою застосовують полікультуру в аквакультурі?

Практична робота 7

РОЗРАХУНОК ПОТРІБНОЇ КІЛЬКОСТІ ПЛІДНИКІВ РИБ

Мета: навчитись розраховувати необхідну кількість плідників коропа для отримання товарної продукції.

Кількість плідників, яку необхідно мати у повносистемному рибному господарстві або риборозпліднику, повинна відповідати потужності господарства. Розрахунок кількості плідників проводиться з урахуванням репродуктивних показників плідників та виживання риби у ставках різних категорій. Для розрахунків використовують послідовність вікових стадій риб: личинки > цьоголітки > річники > дволітки.

Приклад. Необхідно розрахувати потребу в плідниках для господарства потужністю 420 тонн товарного коропа. Господарство працює при наступних нормативних показниках:

- вихід цьоголітків – 65 %, річників – 80 %, дволітків – 85 %;
- середня маса товарних дволітків – 480 г (0,48 кг).
- вихід личинок від однієї самки – 100 тис. шт.;
- співвідношення плідників (♀ : ♂) 1 : 2, резерв – 50 %, вибраковка – 25 %;

Хід розрахунків:

1) кількість товарних дволітків, які складають продукцію 420 тонн:

$$420\ 000\ \text{кг} : 0,48\ \text{кг} = 875\ 000\ \text{дволітків};$$

2) кількість річників, яких треба посадити в нагульні стави з урахуванням проценту їх виживання:

$$875000 - 85\%$$

$$X - 100\% \quad X = (875000 \times 100) : 85 = 1029500\ \text{річників};$$

3) кількість цьоголітків, яких потрібно посадити в зимувальні стави з урахуванням їх виживання під час зимівлі:

$$1029500 - 80\%$$

$$X - 100\% \quad X = (1029500 \times 100) : 80 = 1286900\ \text{цьоголітків};$$

4) кількість личинок, яких треба посадити у вирощувальні стави, щоб отримати розрахункову кількість цьоголітків:

$$1286900 - 65\%$$

$$X - 100\% \quad X = (1286900 \times 100) : 65 = 1980000\ \text{личинок};$$

5) кількість самок, яка необхідна для отримання розрахункової кількості личинок:

$$1980000 : 100000 = 20\ \text{самок};$$

6) при співвідношенні самок і самців 1 : 2 загальна кількість плідників, що приймають участь у нересті, буде складати:

$$20 + 40 = 60\ \text{шт.},$$

7) з урахуванням резерву 50 % загальна кількість плідників буде складати:

$(60 \times 0,5) + 60 = 90$ шт., у тому числі самок 30 шт., самців 60 шт.;

8) при вибраковці 25 % стада у господарстві щорічно будуть замінюватись:

$90 \times 0,25 = 22$ плідника.

Висновок: для щорічного вирощування 420 тонн товарного коропа необхідно мати плідників у кількості 90 штук (30 самок і 60 самців), резерв буде складати 22 плідника.

Завдання

Використовуючи дані таблиці 7.1, розрахувати необхідну кількість плідників за своїм варіантом. Послідовність проведення розрахунків надана у прикладі.

Таблиця 7.1

Рибоводні показники для розрахунків кількості плідників

Показники	В а р і а н т и								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Запланована продукція, тонн	360	520	330	480	500	390	620	280	410
Середня маса дволітків, г	450	500	460	400	520	500	450	550	480
Вихід, % : цьоголітків річників дволітків	65	65	65	65	65	65	65	65	65
	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Вихід личинок від однієї самки, тис.шт.	100	150	150	200	250	150	200	100	150
Плідники: співвідношення ♀:♂ резерв, % вибраковка, %	1 : 2	1 : 2	1 : 2	1 : 2	1 : 2	1 : 2	1 : 2	1 : 2	1 : 2
	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	25	25	25	25	25	25	25	25	25

У висновку зазначити кількість самок і самців у маточному стаді з урахуванням резерву.

Контрольні питання

1. Які показники необхідно враховувати, щоб визначити кількість плідників?
2. Яке співвідношення самок і самців повинно бути у стаді плідників?
3. Який відсоток резерву маточного стада необхідно планувати?
4. Який відсоток складає вибраковка?

Практична робота 8

СКЛАДОВІ КОМПОНЕНТИ І ПРИНЦИП РОБОТИ УЗВ

Мета: ознайомитись зі структурними компонентами УЗВ, їх призначенням та функціями, розташуванням у замкнутій системі водопостачання.

Хід роботи

УЗВ – це скорочена назва установок замкнутого водопостачання. Аквакультура в УЗВ насправді є технологією вирощування риб або інших водних організмів з повторним використанням води або рециркуляцією. Ця технологія заснована на використанні механічних та біологічних фільтрів і може використовуватися для вирощування будь-яких об'єктів аквакультури.

При вирощуванні в замкнутих установках всі параметри технологічного процесу (аерація і очистка води, годівля риб, підігрів води і підтримка необхідного температурного режиму) здійснюються за допомогою автоматизованих пристроїв, дія яких може програмуватися, а вплив природних чинників на хід технологічного процесу стає мінімальним. Зараз в УЗВ вирощують осетрових і лососевих риб, тіляпію, вугрів, раків, креветок, двостулкових молюсків.

УЗВ по суті, є досить простою системою. Від водостоку рибоводних басейнів вода надходить у механічний фільтр, звідти до біологічного фільтру, потім вона відстоюється, насосом подається до басейну-оксигенатору, де аерується, насичується киснем, з неї видаляється вуглекислий газ, після чого вода знову подається до рибоводних басейнів. Це основний принцип рециркуляції.

До цієї системи можна додати ряд інших елементів, наприклад, оксигенацію з використанням чистого кисню, дезінфекцію за допомогою ультрафіолетового випромінювання або озону, автоматичне регулювання рівня рН, температури, систему денітрифікації тощо.

Компоненти УЗВ

Рибоводні басейни. Правильний вибір конструкції басейнів, тобто розміру та форми, глибини води, здатності до самоочищення може мати значний вплив на ефективність вирощування об'єктів рибиництва. Якщо риби ведуть донний спосіб життя (соми), найважливішою є площа поверхні, а глибина води та швидкість течії можуть мати вторинне значення, тоді як для пелагічних видів, наприклад, лососевих, більше значення будуть мати об'єм води та швидкість течії.

У круглому або квадратному басейні зі зрізаними кутами (рис. 8.1), внаслідок гідравлічних закономірностей та гравітаційних сил, час

перебування органічних частинок є відносно коротким, близько декількох хвилин, і залежить від розміру басейну. Весь водяний стовп у басейні обертається довкола центру.



Рис. 8.1. Різні форми рибоводних басейнів, що використовуються в УЗВ

У прямокутному басейні не можуть бути створені гравітаційні сили для забезпечення течії, а гідравліка не має позитивного ефекту видалення частинок. У всіх типах басейнів ухил дна не впливає на здатність до самоочищення, але він допомагає повністю спустити воду з басейну.

При будівництві великих басейнів перевага завжди надається круглій формі, оскільки вона є найбільш міцною конструкцією, а також найдешевшим способом спорудження.

Контроль та регуляція рівнів кисню в круглих басейнах здійснюються відносно просто, оскільки водяний стовп постійно перемішується, внаслідок чого вміст кисню є практично однаковим у всьому басейні. З іншого боку, у прямокутних басейнах вміст кисню завжди вищий біля водозабору і нижче у водостоку, що забезпечує різні умови, залежно від того, де плавають риби.

Механічний фільтр. Як показує досвід, механічна фільтрація води, що витікає з рибоводних басейнів, є єдиним практичним методом видалення органічних відходів. Сьогодні майже всі господарства, що використовують УЗВ, фільтрують воду за допомогою, так званого, «мікросита», з фільтрувальною тканиною з розміром пір 40-100 мікрон.

Найбільш широко використовується барабанний фільтр, який має мікросит. Його конструкція забезпечує м'яке видалення частинок.

Біологічний фільтр. Механічний фільтр не видаляє всі органічні речовини, дрібні частинки проходять крізь нього так, як і розчинені речовини, такі як фосфат чи азот. Фосфат є інертною речовиною без токсичних ефектів, але азот у формі вільного аміаку (NH_3) токсичний і повинен бути перетворений на нешкідливий нітрат (NO_3). Розкладання органічної речовини та аміаку є біологічним процесом, що здійснюється бактеріями у біофільтрі. Гетеротрофні бактерії окислюють органічну речовину, споживаючи кисень, при цьому утворюються вуглекислий газ та аміак. Нітрофікуючі бактерії перетворюють аміак на нітрити, а потім на нітрати.

Для досягнення оптимальної швидкості нітрифікації температура води повинна бути в межах $10\text{--}35\text{ }^\circ\text{C}$ (оптимальною є близько $30\text{ }^\circ\text{C}$), а рівень рН – 7–8. Біофільтри УЗВ можуть бути спроектовані як фільтри з плаваючим або нерухомим завантаженням. Всі плаваючі або стаціонарні компоненти біофільтру, які використовуються сьогодні в рециркуляції, повністю занурені у воду (рис. 8.2).



Рис. 8.2. Зовнішній вигляд біофільтру (А) та його плаваючих компонентів (Б).

Перед поверненням води в рибоводні басейни необхідно видалити з неї газу, що накопичилися. Процес дегазації здійснюється шляхом **аерації** води, або методом, який часто називають зачисткою. У воді в значній кількості міститься вуглекислий газ від дихання риб і бактерій з біофільтру, а також присутній вільний азот (N_2). Накопичення вуглекислого газу та азоту негативно впливає на здоров'я та ріст риб. В анаеробних умовах може утворюватися сірководень, особливо в системах з морською водою. Цей газ є виключно токсичним для риб, навіть у малих концентраціях.

Аерація може здійснюватися шляхом нагнітання повітря у воду. При цьому турбулентний дотик повітряних бульбашок та води видаляє



гази. Ця система підводної аерації застосовується в аераційному колодязі.

Завдання

На рис. 8.3 надана схема УЗВ, яка містить: механічний і біологічний фільтри, насос, рибоводний басейн, басейн-накопичувач для відстоювання і резерву води і басейн-оксигенатор. Необхідно визначити під цифрою структурний компонент УЗВ і підписати нижче.

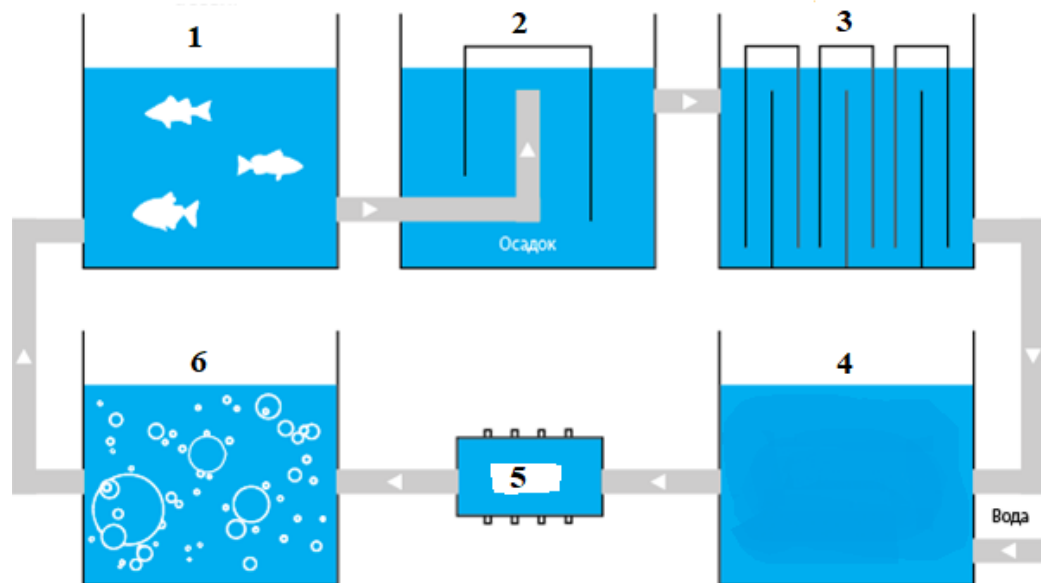


Рис. 8.3. Схема УЗВ

У висновку зазначити послідовність розташування і функції кожного компонента УЗВ.

Контрольні питання

1. В чому полягає принцип роботи УЗВ і систем рециркуляції?
2. Які об'єкти можна вирощувати в УЗВ?
3. Які бувають за формою рибоводні басейни, їх переваги і недоліки?

Практична робота 9

ВІДТВОРЕННЯ І КУЛЬТИВУВАННЯ ГІЛЛЯСТОВУСИХ РАКОПОДІБНИХ

Мета: ознайомитись з методами відтворення основних представників ракоподібних родини *Daphniidae*, яких використовують в аквакультурі.

Теоретична частина

У практиці культивування гіллястовусих ракоподібних широко використовують декілька видів. До них відносять представників гіллястовусих ракоподібних – дафній (р. *Daphnia*). Найбільш поширені види дафній, яких використовують для культивування, це – *Daphnia magna*, *D. longispina*, *D. cucullata*, *D. pulex* (рис. 9.1).



Рис. 9.1. Гіллястовусі ракоподібні: А – *Daphnia magna*, Б – *Daphnia longispina*, В – *Daphnia cucullata*.

Дафнії завдовжки 4–6 мм, масою до 10 мг. Розмножується статевим способом, який чергується з партеногенетичним. Плодючість – 20–100 яєць. Тривалість життя до 3 місяців. За цей час рачки линяють 20–25 разів.

З метою отримання вихідної культури дафній для культивування їх відловлюють навесні у природних водоймах. Різні види планктонних ракоподібних часто мешкають спільно, максимальні їх біомаси досягають у водоймах, в яких ослаблений або практично відсутній прес риб-планктофагів. Для лову ракоподібних використовують сачок. Найбільш зручний сачок діаметром 25–30 см (довжина конуса 60–70 см), Сачком ловлять рачків, перебуваючи на березі або у човні. До місця розведення дафній переносять у різних місткостях за щільності до 100 г/л.

Вихідну культуру дафній отримують із ефіпіумних яєць (рис. 9.2). Це запліднені яйця, вкриті щільною оболонкою, здатні витримувати довгий період спокою і несприятливі умови. Ефіпіумні яйця утворюються лише при статевому розмноженні. Збирають їх пізно восени у природних водоймах. Яйця в чистому вигляді з мулом висушують на повітрі та зберігають у сухому приміщенні при температурі 1–5 °С. За 10–12 діб до початку культивування дафній яйця поміщають у воду і витримують при температурі 18–22 °С. Через 4–7 діб з них вилуплюються рачки, які стають вихідним матеріалом для розведення.



Рис. 9.2. Ефіпіумні яйця дафній.

Культивування маточної культури дафній. Для культивування маточної культури дафній зручні басейни і стави площею 50–70 м², глибиною не більше 1 м. Їх заливають прісною водою з природної водойми. Водопровідну воду використовують у крайньому випадку, попередньо відстояну протягом 1–2 діб. При культивуванні *Daphnia magna* та *D. pulex* у південних районах басейни та стави на 1/3 загальної поверхні закривають настилами з дощок або трави. Шкідливий вплив яскравого освітлення зменшують шляхом додавання у воду сухого кінського чи коров'ячого гною – 0,5 (навесні) та 1 кг/м³ (влітку) для забарвлення води у бурій колір.

Оптимальними показниками для культивування дафній є: температура – 15–25°C, водневий показник води (рН) – 6,8–7,8, концентрація кисню у воді не менше 3–6 мг/л, окислюваність – 5–26 мгО/л.

Початкова біомаса рачків становить зазвичай 10–150 г/м³. Для постійного інтенсивного росту культури необхідне систематичне зниження її чисельності шляхом видалення рачків. Розрідження популяції розпочинають за біомаси дафній від 300 г/м³ і більше. Така біомаса з'являється на 20–25 добу вирощування за вихідної її щільності 10 г/м³. Строки дозрівання культури можна знизити до 3–16 діб шляхом збільшення початкової кількості рачків у 10–20 разів. Строки утримання культури – від 6 тижнів до 9 місяців.

Методи культивування дафній. Серед багатьох запропонованих методів культивування дафній виділяють два напрями: перший – спільне вирощування дафній та об'єктів їх живлення (бактеріо- та



фітопланктону); другий – роздільне вирощування дафній та організмів, якими вони живляться.

За **спільного способу** вирощування широко використовуються органічні, мінеральні добрива та біологічно-активні речовини. Вирощування дафній проводять у підготовлених невеликих ставах, ямах, рівчаках, відгороджених мілководних ділянках ставів, басейнах, чанах, ваннах, поліетиленових чи капронових сажалках, бочках тощо. Після залиття місткостей профільтрованою ставовою водою, до них вносять свіжий кінський, коров'ячий або свинячий гній із розрахунку $1,5 \text{ кг/м}^3$. Дуже добре використовувати пташиний послід з розрахунку $0,5 \text{ кг/м}^3$ води. У водойми з внесеним гноєм у той самий, чи наступний день вносять маточну культуру дафній з розрахунку $5\text{--}10 \text{ г/м}^3$. Через 5 – 7 діб вносять половинну дозу гною ($0,75 \text{ кг/м}^3$) чи пташиного посліду ($0,25 \text{ кг/м}^3$). Залежно від температури води ($20\text{--}26^\circ\text{C}$) культура дафнії дозріває на 14–21 добу і досягає біомаси $0,5\text{--}1,0 \text{ кг/м}^3$. Якщо дафнії вирощуються понад 14–20 діб, то кожні 8–10 діб необхідне повторне внесення гною чи пташиного посліду, але в половинній дозі ($0,75$ та $0,25 \text{ кг/м}^3$ відповідно). Культуру не слід підтримувати понад 45 діб.

Один зі способів культивування дафній пов'язаний із використанням місткостей, заповнених ставовою водою, в які висаджують культуру дафній у кількості $30\text{--}40 \text{ г/м}^3$, після чого туди вносять **пасту хлорели** ($1,0\text{--}1,5$ млн. кл./мл) і кожні 3 доби – по $0,2$ мл/л крові теплокровних тварин. За 10 діб біомаса рачків досягає понад 1200 г/м^3 .

Рекомендується як спосіб використовувати **гнійні та сінні настої**, а також настої із жорсткої рослинності або кормових дріжджів. Настій виготовляють з розрахунку 18 г свіжого гною та 85 г просіяної землі. Суміш витримують протягом трьох діб за температури $15\text{--}20^\circ\text{C}$. Потім настої проціджують і розбавляють свіжою ставовою водою (1 л настою на 4 л ставової води). Через 1 годину в це середовище поміщають маточну культуру дафній, розвиток яких продовжується максимум три тижні. На третій день такі настої дають спалах чисельності бактерій, які є кормом для дафній. Такий же спалах дають і настої із сіна (2 кг сіна на 100 л води), які також витримують три доби, а потім виливають у водойму один раз у 7 діб із розрахунку 4 л/м^3 . Дозрівання культури триває $10\text{--}16$ діб.

Спосіб вирощування дафній на **гідролізних дріжджах**. Дріжджі вносять у воду з розрахунку $15\text{--}20$ г сухої маси на 1 м^3 води з протококовими водоростями. Культуру дафній вносять через одну-дві доби, коли розвиток бактерій та фітопланктону досягає максимуму. Частково дріжджі є кормом і для дафній. Тому їх вносять як підгодівлю через кожні п'ять днів у кількості $8\text{--}10 \text{ г/м}^3$.

Розроблено також комплексний спосіб виготовлення **сінних настоїв на жорсткій рослинності** – очереті, кукурудзі, листя дерев тощо, які висушують на сонці, потім розкладають на горизонтальному дерев'яному настилі тонкими шарами, між якими розміщують опале



листя, осоку та іншу водяну рослинність. Вихід бактерій у водойму відбувається за щоденного промивання водою настилу із сухою рослинністю перед додаванням добрив (поживне середовище, що виготовлене з м'ясо–пептон–агара або м'ясо–пептон–бульйону, чи рибного борошна або перемеленої свіжої риби). Після промивання сухої рослинності поливають кормовою сумішшю так, щоб заповнити всі проміжки з листям. Поживні розчини виготовляють за добу до внесення та зберігають в окремій посудині.

При масовому вирощуванні дафній у цементних басейнах використовують **мінеральні добрива**. У басейни чи стави вносять аміачну селітру (13 мгN/л) і суперфосфат (2 мгP/л) двома порціями протягом перших семи діб. Водночас з добривом також вносять вихідну культуру дафній із розрахунку 20–40 г/м³. Термін дозрівання культури 12 діб, термін використання – 15 діб. Максимальна біомаса до початку збору продукції становить близько 300 г/м³.

Роздільний спосіб вирощування зводиться до розведення водоростей (*Chlorella*, *Scenedesmus* тощо), бактерій, що культивуються у спеціальних ставах, та наступного культивування в них дафній. Більш ефективним способом підвищення продуктивності культури дафнії, порівняно з відомими, є вирощування її в культуральному середовищі, до якого періодично вносять комбікорми або кормові дріжджі, а потім витримують ракоподібних у середовищі з декамевітом з розрахунку 5 г/м³.

Завдання

1. Ознайомитись і засвоїти методи культивування дафній.
2. Письмово відповісти на контрольні питання:
 - Із чого отримують вихідну (маточну) культуру дафній?
 - Яка оптимальна температура при культивуванні дафній?
 - Який термін дозрівання культури дафній?
 - Які добрива використовують при вирощуванні дафній?
Для чого культивують дафній у ставах і басейнах?

Практична робота № 10

СТВОРЕННЯ БІОПЛАТО ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Мета: ознайомитись з будовою біоплато для очищення води у ставку від токсичних сполук; навчитись розраховувати площу біоплато.

Теоретична частина

Очищувальна функція біоплато базується на спроможності вищих водних рослин поглинати і акумулювати в собі різні органічні і неорганічні токсичні речовини (важкі метали, отрутохімікати, радіонукліди та ін.) Звичайно площа біоплато становить 10-15% площі водойми. Біоплато розташовується поза водойми вище рівня основного резервуару (рис. 10.1).

Вода подається в біоплато за допомогою насоса. Потужність насоса повинна становити приблизно 2 об'єма водойми/добу. Наприклад, якщо об'єм водойми 40 м³, то потужність насоса має бути 2000 л/годину.

Шар настилу для біоплато створюють за рахунок щебню (фракція 20-40), гальки, гравію тощо. Вода з біоплато зливається вільно у водойму (інерційно), при цьому збагачується киснем за рахунок різниці в рівнях. Глибина біоплато становить близько 30 см.



Рис. 10.1. Схема біоплато для очищення води у ставку.

Видовий склад рослинності біоплато складають види, що мають розвинену кореневу систему. Бажано використовувати ті рослини, що ростуть у природних резервуарах вашого регіону: рогіз, комиш, роголісник, рдест тощо (рис. 10.2).



Рогоз



Роголижник



Комиш



Рдест плаваючий

Рис. 10.2. Водні рослини, які найчастіше використовують для біоплато.

Завдання

1. Намалюйте схему біоплато і його компонентів.
2. Розрахуйте площу біоплато і потужність насоса, використовуючи дані площі і середньої глибини ставка, що представлені в таблиці 10.1 за варіантами.

Таблиця 10.1

Варіанти для розрахунків площі біоплато і потужності насоса

Варіанти	Площа ставка, м ²	Середня глибина, м
1	2000	2,5
2		
3		
4		
5		



- Спочатку розраховуємо робочий об'єм ставка.
- Визначаємо потужність насосу (л/год) за умов, що він повинен забезпечувати прокачування 2-х об'ємів водойми за добу.
- Визначаємо площу біоплато (15 – 20% площі водойми).

Контрольні питання

1. З якою метою створюють біоплато?
2. Які існують вимоги до створення біоплато?
3. Які вищі водні рослини, частіше за все, використовують для створення біоплато?
4. Як визначити площу біоплато?
5. Як розрахувати потужність насосу, який подає воду на біоплато?



ПЕРЕЛІК АНАЛІТИЧНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

1. Забруднюючі речовини стічних вод гірничо-металургійних підприємств.
2. Трансформація важких металів у водній екосистемі.
3. Методологія досліджень у водній токсикології.
4. Методи біологічної індикації у водній токсикології.
5. Державний контроль якості стічних вод.
6. Симптоми отруєння риб токсикантами техногенного походження.
7. Коловертки – індикатори органічного забруднення водойм.
8. Біоаккумуляція і біофільтрація як засоби очищення води.
9. Біофільтрація і біофільтри в установках з рециркуляцією води.
10. Причини і наслідки масового розмноження синьо-зелених водоростей («цвітіння» водойм).
11. Роль моллюсків у процесах самоочищення водойм.
12. Риби – біомеліоратори та їх роль у гідроекоценозах.
13. Роль біоплато у системі водоочищення. Види рослин, що використовуються для біоплато.
14. Молюски – перспективні об'єкти прісноводної аквакультури.
15. Біологічна і рибогосподарська характеристика видів лососевих риб – об'єктів світової і вітчизняної аквакультури.
16. Стан і перспективи розвитку осетрівництва в Україні.
17. Технологія штучного відтворення рослиноїдних риб.
18. Використання полікультури в рибництві.
19. Тиляпія – перспективний об'єкт аквакультури в Україні.
20. Технологія відтворення канального сома.
21. Харчова цінність рачка артемії як кормового об'єкту для риб. Технологія штучного вирощування артемії.
22. Особливості вирощування гігантської прісноводної креветки в установках із замкнутим водопостачанням (УЗВ).
23. Технологія ставкового вирощування прісноводних раків.
24. Сучасні гонадотропні препарати та їх використання в рибництві.
25. Лікувально-профілактичні заходи в рибництві.
26. Харчові раціони і технологія годівлі лососевих риб.
27. Технологія виготовлення штучних рибних кормів в умовах фермерських господарств.
28. Контроль якості рибних кормів.
29. Рибоводно-меліоративні заходи в аквакультурі.
30. Ветеринарно-санітарний контроль в аквакультурі.



РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1 Андрющенко А.І., Алимов С.І. Ставовє рибництво: Підручник. К.: Видавничий центр НАУ, 2008. 636 с.
- 2 Гриневич Н.Є., Хом'як О.А., Присяжнюк Н.М., Михальський О.Р. Аналіз гідротехнологічної складової індустриальних акваферм за замкнутого водопостачання // Водні біоресурси та аквакультура. 2019. № 2. С. 59 – 76.
- 3 Єсіпова Н. Б., Шарамок Т. С. Навчальний посібник до вивчення дисципліни “Біологія відтворення гідробіонтів”. Д.: ПЦ «Формат», 2019. 36 с.
- 4 Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. К.: «Центр учбової літератури», 2016. 410 с.
- 5 Нетребчук І.М. Гідробіологія. Луцьк: Вежа-Друк, 2021. 90 с.
- 6 Федоненко О.В., Шарамок Т.С., Маренков О.М. Основи аквакультури: культивування мікрководоростей та безхребетних. Навчальний посібник. Дніпропетровськ, 2014. 44 с.
- 7 Хижняк М.І., Євтушенко М.Ю. Методологія вивчення угруповань водних організмів. Навчальний посібник. К.: Український фітосоціологічний центр, 2014. 269 с.
- 8 Шерман І. М., Рілов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва: Підручник. К.: Вища освіта, 2005. 351 с.
- 9 Liu J., Liu L., Huang Z., Fu Y., Huang Z. Contaminant Removal and Optimal Operation of Bio-Slow Sand Filtration Water Treatment Based on Nature-Based Solutions. Pol. J. Environ. Stud. 2020. Vol. 29. № 2. P. 1703-1713.
- 10 Goddard S., Delghandi M. Importance of the conservation and management of freshwater to aquaculture // *Freshwater - Oasis of Life*. 2020. Vol. 4-5. PP. 35-44. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11954-2>