



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**Національний університет водного господарства  
та природокористування**

**Кафедра екології**

**С.С. ТРУШЕВА**

**ГІДРОБІОЛОГІЯ**

**Інтерактивний комплекс  
навчально-методичного забезпечення дисципліни**



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Для студентів напрямку підготовки  
0708 "ЕКОЛОГІЯ"

**Рівне – 2005**



Рецензенти:

*Й.В. Гриб*, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник інституту гідробіології НАН України;

*І.В. Степаняк*, кандидат ветеринарних наук, старший науковий співробітник інституту епізоотології УААН.

Навчальний посібник написано відповідно до програми дисципліни "Гідробіологія". Він складається з п'яти розділів, у яких викладено теоретичний матеріал блоків змістових модулів дисципліни, методичні рекомендації до вивчення окремих модулів та тем, плани практичних занять, тематики самостійної роботи студентів та контрольні тестові програми для перевірки рівня знань студентів. Посібник може бути використаний студентами при самостійному вивченні дисципліни "Гідробіологія" в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Для студентів екологічних спеціальностей, аспірантів, наукових співробітників.

Іл. 3. Бібліограф: 15 назв.



*Рекомендовано до друку вченою радою Національного університету  
водного господарства та природокористування.  
Протокол № від 2005 р.*

Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

© Трушева С.С., 2005  
© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2005



Передмова	4
1. Типова програма нормативної навчальної дисципліни "Гідробіологія"	5
1.1. Тематичний план та розподіл навчального часу	5
1.2. Програмний матеріал блоків змістових модулів	6
Блок 1. Гідробіологія як наука	6
Тема 1. Предмет і завдання гідробіології як науки	6
Тема 2. Життєві форми гідробіонтів	6
Блок 2. Екологічні основи життєдіяльності гідробіонтів	6
Тема 1. Роль світла в житті гідробіонтів	6
Тема 2. Газообмін гідробіонтів	7
Блок 3. Біологічна продуктивність водних екосистем	7
Тема 1. Структура і функціональні особливості гідро- екосистем	7
Тема 2. Відтворення біологічних ресурсів гідросфери	7
2. Методичні рекомендації до вивчення окремих модулів та тем дисципліни	7
Блок 1. Гідробіологія як наука	7
Блок 2. Екологічні основи життєдіяльності гідробіонтів	23
Блок 3. Біологічна продуктивність водних екосистем	42
3. Плани практичних занять	55
Блок 1. Гідробіологія як наука	55
Блок 2. Екологічні основи життєдіяльності гідробіонтів	55
Блок 3. Біологічна продуктивність водних екосистем	55
4. Контрольна тестова програма	56
Блок 1. Гідробіологія як наука	56
Блок 2. Екологічні основи життєдіяльності гідробіонтів	58
Блок 3. Біологічна продуктивність водних екосистем	60
5. Тематика самостійної роботи	66
5.1. Варіанти самостійної роботи	66
5.2. Оформлення звіту про самостійну роботу	66
Рекомендована література	68



## ПЕРЕДМОВА

Забезпечення потреб людини у харчових білках можливе лише за умов цілеспрямованого збільшення продуктивності водойм, вміння визначити біологічно обґрунтовані норми вилову риби, цінних безхребетних, ефективного ведення аква- та марикультур. У зв'язку з цим виникає потреба не тільки в знанні всіх тих гідробіонтів, які населяють різні водойми, їх біології, закономірностей біологічних явищ тощо, але і в прогнозуванні можливих змін від інтенсивного впливу на них господарської діяльності та управління їх продуктивністю в інтересах людини. У вирішенні цих питань важливу роль відіграє наука гідробіологія, яка вивчає життя гідросфери.

**Головною метою** навчальної дисципліни "Гідробіологія" студентами спеціальності 6.070800 "Екологія і охорона навколишнього середовища" є вивчення екології організмів окремих видів, їх популяцій, гідробіоценозів та екосистем, а також взаємовідносин гідробіонтів-індивідумів, груп та угруповань як між собою, так і з неживою природою для розуміння суті екологічних процесів, що відбуваються в гідросфері.

В сучасній гідробіології **основними пріоритетними завданнями** є:

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

В результаті вивчення курсу "Гідробіологія" студенти повинні:

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

Впровадження кредитно-модульної організації навчального процесу передбачає посилення самостійної роботи студентів, використання тестового контролю знань. Дані методичні рекомендації мають за мету допомогти їм у цьому.

Навчальна дисципліна "Гідробіологія" пов'язана з іншими дисциплінами, такими як "Біологія", "Основи екології", "Моніторинг довкілля".



Методичні рекомендації розраховані на студентів вищих навчальних закладів бакалаврського рівня підготовки, які будуть вивчати "Гідробіологію" в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

## 1. ТИПОВА ПРОГРАМА НОРМАТИВНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ "ГІДРОБІОЛОГІЯ"

### Тематичний план та розподіл навчального часу

Відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра напрямку 0708 "Екологія" на вивчення навчальної дисципліни "Гідробіологія" передбачено 54 години (1 кредит). Приймаючи до уваги зменшення аудиторного навантаження студентів і збільшення обсягу самостійної роботи під керівництвом викладача, тематичний план та розподіл навчального часу для денної та заочної форм навчання має наступний вигляд (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Тематичний план та розподіл навчального навантаження

Блоки змістових модулів (розділи), змістові модулі (теми)	Розподіл навчального часу			
	лекції	практичні заняття	самостійна робота	індивідуальна робота
1	2	3	4	5
<b>1. Гідробіологія як наука.</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
1.1. Предмет та завдання гідробіології як науки.	2	-	4	1
1.2. Життєві форми гідробіонтів.	4	4	6	1
<b>2. Екологічні основи життєдіяльності гідробіонтів.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>4</b>
2.1. Роль світла в житті гідробіонтів.	2	2	5	2
2.2. Газообмін гідробіонтів.	2	2	5	2
<b>3. Біологічна продуктивність водних екосистем.</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>6</b>
3.1. Структура та функціональні особливості гідроекосистем.	2	4	6	4
3.2. Відтворення біологічних ресурсів гідросфери.	2	2	6	2
Разом	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>32</b>	<b>12</b>



## 1.2. Програмний матеріал блоків змістовних модулів

### Блок 1. "Гідробіологія як наука"

#### Тема 1. Предмет та завдання "Гідробіології" як науки

Предмет науки гідробіології. Місце гідробіології серед суміжних дисциплін. Завдання сучасної гідробіології.

Історія виникнення гідробіології як самостійної науки: основні причини, що призвели до виникнення гідробіології як науки, основні етапи розвитку гідробіології, розвиток гідробіології в Україні. Зв'язок гідробіології з іншими науками.

Підрозділи гідробіології: аутокологія, демекологія та синекологія, їх завдання.

Основні методи гідробіологічних досліджень. Їх мета. Практичне значення гідробіологічних досліджень.

Роль гідробіології у вивченні екологічних аспектів раціонального використання гідросфери.

#### Тема 2. Життєві форми гідробіонтів

Біотопи водойм. Зони водойм у морях та континентальних водоймах. Пелагіаль. Життєві форми пелагіалі. Специфічність пелагіалі, структура і динаміка вод, розподіл гідробіонтів. Бенталь, життєві форми бенталі. Особливості розподілу донних організмів залежно від рельєфу, характеру відкладень дна.

Макрофіти. Екологічні групи макрофітів.

Епі- та гіпонеїстон. Адаптації до умов існування.

Планктон. Загальна формула плавучості, адаптації до пасивного плавання. Розмірні групи планктонних організмів. Конвергентні форми тіла. Явище цикломорфозу. Вертикальні і горизонтальні міграції.

Нектон. Конвергентні форми тіла. Адаптації до покращення плавучості. Горизонтальні міграції нектону.

Бентос. Основні екологічні угруповання (обростання, інфауна, онфауна, організми-точильники). Пристосування до життя в бенталі гідробіонтів різних угруповань.

### Блок 2. " Екологічні основи життєдіяльності гідробіонтів"

#### Тема 1. Роль світла в житті гідробіонтів

Світлові умови у водному середовищі. Розподілення рослин у водоймах у зв'язку з умовами освітлення. Особливості зору гідробіонтів. Роль органів зору у пошуку їжі. Практичне значення вивчення особливостей зору гідробіонтів.



Забарвлення водних організмів. Здатність гідробіонтів до активної зміни забарвлення тіла.

Явище біолоюмінесценції. Інтенсивність світіння гідробіонтів. Типи світіння морських тварин і рослин. Біологічне та практичне значення світіння.

## **Тема 2. Газообмін гідробіонтів**

Кількість і співвідношення газів, розчинених у воді. Біогенні джерела газів у воді. Явище перенасичення води киснем.

Процеси дихання гідробіонтів. Групи аеробів та їх характеристика. Шляхи, якими здійснюється дихання гідробіонтів. Спеціальні органи дихання.

Ефективність гідробіонтів до газообміну. Адаптації гідробіонтів до газообміну. Аерація дихальних поверхонь.

Явище задухи. Літні та зимові задухи.

## **Блок 3. " Біологічна продуктивність водних екосистем"**

### **Тема 1. Структура та функціональні особливості гідроекосистем**

Поняття водної екосистеми. Відмінності водних угруповань від наземних. Структура гідроекосистем: видова, просторова, розмірна, трофічна. Категорії екологічних пірамід. Міжпопуляційні стосунки в гідроекосистемах, їх характеристика. Трансформація речовини і енергії в гідроекосистемах.

Типи сукцесій. Автотрофна сукцесія. Концепція клімаксу.

### **Тема 2. Відтворення біологічних ресурсів гідросфери**

Біологічна продуктивність водних екосистем. Поняття продуктивності та біологічної продукції. Методи визначення первинної продукції. Основні фактори, що визначають біологічну продуктивність водойм. Методи підвищення біологічної продуктивності водойм.

Відтворення біологічних ресурсів гідросфери. Акліматизація та інтродукція гідробіонтів. Принципи ведення аквакультури. Лімнокультура риби. Ставкове рибництво.

## **2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ МОДУЛІВ ТА ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Блок 1. "Гідробіологія як наука"**

#### **Тема 1. Предмет та завдання "Гідробіології" як науки**



**Гідробіологія** - походить від грецьких слів "гідор" - вода, "біос" - життя, "логос" - наука, тобто це наука, яка вивчає взаємодію мешканців вод (гідробіонтів) між собою та з неживою природою.

*Гідробіологія - це екологічна наука, предмет якої складає біологічне вивчення гідросфери з метою оптимізації її природокористування і охорони середовища.*

Становлення гідробіології як самостійної науки відноситься до середини XIX сторіччя, коли саме життя змусило відмовитися від такої заспокійливої точки зору, як невичерпність біологічних ресурсів водойм. Виникла необхідність в реальній оцінці запасів промислових організмів і взагалі в екологічному вивченні гідробіонтів.

Поштовхом для розвитку гідробіології також став швидкий розвиток промисловості і транспорту, що призвело до забруднення водойм, особливо прісних. Разом з тим, у 1869-1870 рр. німецькі вчені Мюллер і Кон звернули увагу на величезну роль гідробіонтів в процесах самоочищення водойм. В подальшому Кольквітцем і Марссоном, Нікитинським, Долговим була уточнена роль окремих організмів в процесах біологічного самоочищення водойм і розроблений принцип індикації їх забруднення за присутністю в них різних гідробіонтів з різною вимогою до чистоти води.

Велику роль в становленні гідробіології зіграло створення в другій половині XIX сторіччя великої кількості морських і прісноводних біологічних станцій, а також винахід і використання знярядь, необхідних для обліку концентрації гідробіонтів. Працюючи в Північному морі (1887 р.) , професор Гензен вперше використав для обліку кількості організмів в одиниці об'єму води спеціальну конічну сітку із дрібночарункуватого шовкового сита „ газу”. Пізніше, в 1909 р. Петерсен сконструював і використав для обліку концентрації донних організмів зняряддя - донний черпак. До цього часу становлення гідробіології як самостійної науки було практично завершено. В подальшому були проведені багато чисельні гідробіологічні дослідження морів, прісних водойм, створена широка мережа науково-дослідних інститутів гідробіології.

На сучасному етапі дослідження в гідробіології проводяться на 3-х рівнях: організмі, популяційному і біоценотичному, що призвело до виникнення 3-х підрозділів у гідробіології:

- 1 – **аутекологія**, яка займається вивченням особин окремих видів, їх взаємодією з оточуючим середовищем без розгляду морфології і фізіології самих організмів;
- 2 – **демекологія**, яка займається вивченням взаємодії популяцій з оточуючим середовищем, їх структури і між популяційних відносин;
- 3 – **синекологія**, яка вивчає біоценози, їх структурні і функціональні особливості.



Основними методами гідробіології є обчислення кількості різних груп гідробіонтів в межах місця існування та оцінка функціональної ролі цих груп в екосистемах. Ці методи дозволяють:

- виявити реакцію особин до факторів середовища;
- отримати відомості про структуру популяцій і біоценозів, динаміку їх стану;
- дати сумарну оцінку ролі тих чи інших організмів в різноманітних екосистемних процесах, зокрема в трансформації речовин і енергії.

**Основні завдання гідробіології** як науки:

1 - вивчення екологічних процесів в гідросфері з метою її освоєння і винахід таких форм ставлення людей до водних екосистем, при яких користь від екосистем була б найбільшою, а шкода – найменшою;

2 - збільшення біологічної продуктивності водойм, отримання з них найбільшої кількості біологічної сировини;

3 - розробка біологічних основ забезпечення людей чистою водою, оскільки потреба в ній з ростом цивілізації постійно збільшується;

4 - експертна оцінка екологічних наслідків перерозподілу і перекидання стоку річок, антропогенної зміни гідрологічного режиму водойм;

5 - гідробіологічна експертиза впливу існуючих і новостворюваних промислових, сільськогосподарських і інших підприємств на водні екосистеми з метою їх охорони.

Гідросфера як середовище життя поділяється на більш або менш відокремлені один від одного ділянки - біотопи. Мешканці того чи іншого біотопу набувають подібні адаптації до існування в межах цієї ділянки, утворюючи характерні життєві форми.

У водоймах розрізняють такі біотопи:

- **нейсталь** - це поверхневий шар води, що межує з атмосферою. Життєві форми цього біотопу називають нейстоном.
- **пелагіаль** - товща води. Життєві форми, які населяють пелагіаль /пелагос/ поділяються на:

а/ **плейстон** - це пелагічні організми, частина тіла яких знаходиться у воді, а частина - над її поверхнею. Типовими представниками плейстону є ряска, латаття біле, глечики жовті;

б/ **планктон** - це пелагічні організми, які в незначній мірі або зовсім не здатні до активного руху, тому не можуть протидіяти токам води, якими вони переносяться з місця на місце. Це водорості, найпростіші, коловертки, рачки і інші дрібні форми тварин;

в/ **нектон** - це великі тварини, рухова активність яких достатня для подолання водних течій. Це риби, кальмари, ссавці;

- **пелагобенталь** - це біотоп, який населяють організми, здатні одночасно жити на дні водойми і підніматися в товщу води. Відповідно життєві форми пелагобенталі називають пелагобентосом. Це краби, камбала, креветки, морські зірки.



- **бенталь** - це дно водойми з прилеглим до нього шаром води. Життєві форми бенталі називають бентосом (губки, личинки комах, моллюски);
- **перифітон** - це організми, які оселяються на підводних спорудах, днищах кораблів, прикріплюються до водоростей (корали, п'явки, актинії, устриці).

Елементи середовища, що безпосередньо впливають на існування населення, називаються **екологічними факторами**, які за своєю природою поділяються на:

- абіотичні - це фізико-хімічний вплив неживого середовища;
- біотичні - це вплив одних елементів населення на інші;
- антропогенні - це вплив людини на живу природу як свідомий, так і мимовільний.

Особини кожного виду можуть існувати тільки в певних межах мінливості окремих елементів середовища. *Діапазон коливань фактору, який здатний витримувати вид, називається його екологічною валентністю*. Форми з широкою екологічною валентністю називають **еврибіонтними**, з вузькою - **стенобіонтними**. Прикладом стенобіонтних форм можуть бути рифові корали, які існують тільки в морях на твердих ґрунтах при температурі не нижче 20°C і які не переносять навіть легкого опріснення води. В якості еврибіонтного виду можна назвати корененіжку *Cyphoderia ampulla*, котра зустрічається в морях, засолених болотах і прісних водоймах, в теплих і холодних озерах.

Ступінь екологічної валентності виду можна оцінювати не тільки по відношенню до широкого комплексу факторів, але й до кожного фактору окремо. Наприклад, по відношенню до:

- температури: еврitherмні і стеноtherмні;
- солоності: евригалінні і стеногалінні;
- тиску: еврибатні і стенобатні;
- наявності кисню: евриоксидні і стенооксидні.

Екологічна валентність виду тим ширше, чим мінливіше середовище. З цієї причини, наприклад, в морях прибережні форми більш еврitherмні і евригалінні, ніж мешканці відкритої зони, де температурні і сольові умови більш стійкі.

Населення окремих ділянок гідросфери неоднакове, так як вони різняться за фізико-хімічними і іншими характеристиками. Кожний вид потребує для свого існування певних умов і не може процвітати там, де їх немає.

*Фактори середовища, які виключають або обмежують процвітання виду, називають лімітуючими*. У 1840 р. Ю Лібих сформулював "закон мінімуму", згідно якого величина продукції залежить від кількості поживних речовин, що знаходяться в мінімумі. Лімітуюче значення факторів проявляється не на всіх, а тільки на деяких стадіях розвитку організму, коли екологічна валентність мінімальна. Найменша екологічна валентність у гідробіонтів



звичайно спостерігається на ранніх стадіях розвитку, тому що лімітуюча дія абіотичних факторів в цей час проявляється в найбільшій степені.

Із великої кількості фізико-хімічних факторів, що впливають на водне населення гідросфери, лише деякі мають ведуче екологічне значення. До таких факторів, перш за все, відносяться фізико-хімічні властивості самої води.

Молекула води складається з двох атомів водню і одного атома кисню. Проте водень має 3 ізотопні форми, а кисень - 6 і тому може існувати 36 різновидів води, із яких у природі зустрічається лише 9. Основну масу природної води утворюють молекули  $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$  (99,7%). В значно меншій кількості (0,2%) зустрічаються молекули  $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$  і ще рідше ті, до складу яких входять дейтерій ( $\text{H}_2$ ), тритій ( $\text{H}_3$ ) і важкі ізотопи кисню. За своїми властивостями важка вода (молекулярна маса більше 18) відрізняється від звичайної: так, вода, що вміщує дейтерій має густину більшу на 11%; замерзає при  $-3,8^\circ\text{C}$ , кипить при  $101,4^\circ\text{C}$ .

При  $4^\circ\text{C}$  густина чистої води дорівнює  $1 \text{ г/см}^3$ . Густина природної води може збільшуватись за рахунок розчинення в ній солей до  $1,347 \text{ г/см}^3$ , а також при підвищенні температури. При цьому треба враховувати, що густина гідробіонтів звичайно відрізняється від одиниці лише в другому або навіть в третьому знаку після коми. Тому температурні коливання густини води в межах 3-го, 4-го знаків значать дуже багато в житті пелагічних організмів в плані зміни умов плавання.

Велике екологічне значення має аномальна властивість прісної води розширюватися при охолодженні нижче  $4^\circ\text{C}$ . Коли температура поверхневого шару вода наближається до  $4^\circ\text{C}$  в порівнянні з найближчим глибинним шаром, то починається вирівнювання густини. Більш густі поверхневі води заглиблюються, а глибинні піднімаються до верху і відбувається їх змішування, яке супроводжується суттєвою зміною умов існування гідробіонтів. Дуже важлива для них і властивість води розширюватися при замерзанні. Завдяки цьому в зимовий період лід, плаваючи на поверхні води, ізолює її від холодного повітря і попереджає промерзання до дна навіть не дуже глибоких водойм.

У порівнянні з іншими рідинами вода має відносно невисоку в'язкість, що обумовлює її рухомість і полегшує організамам зависання в товщі води.

Вода володіє відносно високим коефіцієнтом поверхневого натягу. Поверхнева плівка є фактично опорою для організмів, використовуючи наявність якої організми виробляють специфічні адаптації, зокрема змочуваність і незмочуваність покривів тіла. Організми з незмочуваними покривами, знаходячись в плівці, підтримуються нею, і будучи важчими за воду, не тонуть. Гідробіонти, більш легкі, ніж вода, можуть утримуватися в ній, упираючись в плівку, що знаходиться над ними.

Вода має дуже високу теплоємність, яка дорівнює  $4,9 \times 10^3 \text{ Дж/кг}$ . Завдяки цьому вода повільно охолоджується і нагрівається при зміні періодів року, а



також часу доби, відіграючи роль регулятора температури. Підтриманню термостабільності води сприяє дуже висока теплота пароутворення і плавлення льоду. Коли надходження тепла в водойми зростає і вода починає нагріватися, збільшується випаровування, внаслідок чого підвищення температури загальмовується. При охолодженні води нижче 0°C і утворенні льоду, тепло, що виділяється загальмовує подальше зниження температури.

У порівнянні з повітрям вода набагато менш прозора і тому, світло, що потрапило до неї, досить швидко поглинається і розсіюється. Короткі хвилі - сильніше розсіюються, але слабше поглинаються. Довгі хвилі /620-820 нм/ - швидко поглинаються і повільніше розсіюються. Чиста вода розсіює переважно короткохвильові промені і тому у відповідності до спектрального складу світлового потоку, що з неї виходить, здається блакитною. Із збільшенням у воді кількості завислих часток зростає розсіювання довгохвильових променів і вода набуває жовтуватого або брунатного відтінку. Таким чином, по кольору води можна судити про її чистоту і про кількість мікроорганізмів та дрібних твердих часток, що в ній знаходяться.

Природна вода існує не просто у вигляді хімічної сполуки, що складається тільки з Н і O<sub>2</sub>, а уявляє собою складне тіло, до складу якого також входять різноманітні речовини. Найбільше екологічне значення для гідробіонтів мають ступінь насиченості води різними газами, концентрація іонів мінеральних солей, органічних речовин, склад і концентрація завислих речовин.

Із розчинених газів найбільше значення для гідробіонтів мають кисень, вуглекислий газ, сірководень і метан.

**Оксиген** потрапляє у водойму за рахунок його інвазії (вторгнення) із атмосфери і внаслідок фотосинтетичної діяльності рослин. Втрата кисену спостерігається внаслідок його евазії (виходу) із води в атмосферу і використання на окислювальні процеси, зокрема на дихання.

Розчинність кисену в воді залежить від температури й атмосферного тиску. Чим більші температура і тиск, тим менше вміст розчиненого кисену й навпаки. Дефіцит кисену викликає смерть гідробіонтів за умови відсутності адаптації до дефіциту цього газу. Якщо загибель гідробіонтів набуває масового характеру і спостерігається на значній акваторії, то говорять про таке явище як **замор**. Наявність кисену у водоймі впливає на її самоочищувальну здатність. Від його концентрації залежить повнота розкладу органічної речовини у водоймі.

**Вуглекислий газ.** Забезпечення води CO<sub>2</sub> відбувається в результаті дихання гідробіонтів, за рахунок інвазії з атмосфери та виділення із солей вугільної кислоти. CO<sub>2</sub> необхідний для:

- проходження темної фази фотосинтезу;
- регуляції метаболізму і синтезу органічних сполук;
- регуляції обмінних процесів в організмах гідробіонтів.



У той же час, у високих концентраціях CO<sub>2</sub> отруйний для гідробіонтів і з цієї причини вони часто відсутні в джерельних водах, перенасичених вугільною кислотою.

**Сірководень** у водоймах утворюється біогенно, тобто за рахунок діяльності різних бактерій. Для багатьох гідробіонтів він смертельний навіть у невеликих концентраціях, а в великих кількостях спричиняє замори. Чорне море вміщує дуже багато H<sub>2</sub>S. Тільки поверхневий шар у 150-250 м вільний від нього, вся ж товща води вміщує цей газ і тому майже позбавлена життя.

**Метан** також отруйний для більшості гідробіонтів. Він утворюється при мікробіальному розкладі органічних речовин. Частка метану, що утворюється у водоймах надходить у атмосферу, частина окислюється бактеріями до вугільної кислоти. Особливо багато метану виділяють ґрунти ставів і озер з високим вмістом органічних сполук.

**Мінеральні солі.** Сумарну концентрацію всіх мінеральних іонів у воді називають її солоністю. За ступенем солоності всі природні води, згідно Венеціанської системи, прийнятої у 1958 році, поділяють на:

- прісні солоність яких до 0,5 %;
- солонуваті (0,5 – 30%);
- морські (30 – 40%);
- розсоли або ропи (понад 40%).

До прісних водойм відносять річки і більшість озер, до морських – Світовий океан, до солонуватих і пересолених – деякі озера і окремі ділянки Світового океану.

Значення мінеральних іонів у житті гідробіонтів полягає у забезпеченні процесів біосинтезу; впливові на сольовий склад гідробіонтів (дифузія через зовнішні покрови); визначенні тоничності зовнішнього середовища водних організмів, умов їх осморегуляторної роботи; забезпеченні умов існування гідробіонтів з вапняковим скелетом (моллюски, корали) для створення їх черепашок.

**Розчинені органічні речовини** представлені в основному водним гумусом, цукрами, вітамінами, амінокислотами та іншими рухомими фракціями органічної речовини, більшість з яких виділяється у воду в процесі життєдіяльності гідробіонтів. Внаслідок хімічної стійкості основна маса розчиненої у воді органіки більшістю гідробіонтів не використовується в їжу, тільки гриби й бактерії є виключенням. Більшість гідробіонтів використовують легкорозчинні речовини (вітаміни, амінокислоти, цукри).

Крім фізичних властивостей і хімічного складу води існування гідробіонтів у великій степені визначається особливостями фізико-хімічних явищ, що виникають внаслідок взаємодії гідросфери з іншими оболонками Землі. До екологічно найбільш важливих треба віднести тиск, гідродинаміку та температуру.

**Тиск** з глибиною дуже швидко зростає. У придонних шарах Світового океану він може перевищувати 10<sup>8</sup> Н/м<sup>2</sup>. Величина тиску сигналізує тваринам



глибину їх знаходження і вони самі її обирають. У багатьох гідробіонтів підвищення тиску викликає *позитивний фототаксис* (підняття до поверхні водойми), а падіння тиску – *негативний фототаксис* (занурення вглиб водойми).

Органами сприйняття тиску у гідробіонтів є зазвичай різні газові камери (плавальний міхур у риб, газові вклучення в цитоплазмі найпростіших, повітряні порожнини в підошві деяких медуз, в черепашках головоногих і черевоногих моллюсків). Зміна тиску газу в камерах, що сприймається різними рецепторами, служить датчиком глибини їх знаходження і дозволяє активно її контролювати.

До основних елементів *гідродинаміки* відносять течію, хвилювання і перемішування вод. У річках течії пов'язані з ухилом русла, в озерах і моря викликані іншими причинами. Дуже великий вплив на траєкторію течій оказують сили Каріоліса. Якщо потік рухається проти руху Землі (зі сходу на захід), то його лінійна швидкість падає, центробіжна сила зменшується і потік зміщується в бік полюса. У іншому випадку він зміститься до екватора. З цих причин у всіх річок північної півкулі правий берег звичайно більш крутий, ніж лівий, а в південній – навпаки.

Рух води має для гідробіонтів пряме і опосередковане значення. Пряме значення проявляється в перенесенні пелагічних організмів у горизонтальному напрямку, переміщенні їх по вертикалі і на вимиванні бентосу з ґрунту. Побічне значення виявляється через принос їжі і кисню, винос метаболітів, вирівнюванні температурних і гідрологічних градієнтів, а також через вплив на формування ґрунтів. У областях сильних придонних течій ґрунти більш рухомі, зазнають взмучування, тому донні осади тут не нагромаджуються. Зворотна картина там, де течії слабкі або їх зовсім немає. Рух води гідробіонти сприймають за допомогою рецепторів: риби оцінюють швидкість і напрямок течії органами бічної лінії, ракоподібні – антенулами.

Хвилювання води в основному пов'язане із взаємодією повітряних і водних мас, а в морях – з припливно-відпливними явищами. Рідше виникають сейсмічні хвилі (цунамі), які досягають величезної висоти і великої руйнівної сили.

Перемішування вод спричиняється вітром або зануренням більш густих холодних і солоних вод, а також переміщенням гідробіонтів у товщі води. При цьому велику роль має фільтраційна здатність водних мешканців – моллюсків, ракоподібних, котрі за декілька днів здатні пропустити крізь свої фільтруючі апарати весь об'єм води, в якому вони існують.

Як екологічний фактор *температура* впливає на:

- географічне поширення і зональне розподілення організмів;
- швидкість і характер протікання різних життєвих процесів;
- має сигнальне значення.



Адаптація стенотермних організмів йде двома шляхами: вироблення евритермності та вибір місць існування зі стійким температурним режимом або така їх зміна, при якій організми уникають впливу граничних температур. Так, більшість безхребетних і риб мігрують восени із холодних вод прибережної зони у відкриті зони водойм, а навесні – у зворотному напрямку. З цією ж метою можуть відбуватися і вертикальні міграції для знаходження оптимальних температурних умов на тій чи іншій глибині.

У багатьох гідробіонтів, які періодично відчувають на собі дію від'ємних температур, виробляються адаптації, які запобігають замерзанню клітинних соків тіла. В основному вони зводяться до зниження точки замерзання соків і підвищення їх здатності до переохолодження. Завдяки таким адаптаціям більшість організмів прибережної зони витримують зниження температури до  $-10^{\circ}\text{C}$ . Замерзання соків тіла запобігається виробленням спеціальних антифризів – глікопротеїдних молекул, які послаблюють структуру льоду так, що він тане. Чим частіші і сильніші періодичні зміни температури в водоймах, тим вище стійкість гідробіонтів до холодних і теплових пошкоджень.

#### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що є предметом науки гідробіології? Яке походження має гідробіологія як наука?
2. Винахід яких знарядь сприяв розвитку гідробіології як самостійної науки?
3. Які завдання вирішує сучасна гідробіологія?
4. Які підрозділи включає гідробіологія як наука і що вони вивчають?
5. Назвіть біотопи водойм і характерні для них життєві форми.
6. Роль лімітуючих факторів у житті гідробіонтів. Що називають екологічною валентністю виду?
7. Дайте характеристику фізико-хімічним властивостям води. Яке їх значення для гідробіонтів?
8. Які фізико-хімічні явища мають провідне значення для існування гідробіонтів?

#### Тема 2. Життєві форми гідробіонтів

**Життєві форми** – це сукупності організмів різного систематичного положення, які наділені принципово подібними адаптаціями, що дозволяють їм існувати в певних біотопах.

В пелагіалі життєві форми представлені планктоном і нектоном, на твердих субстратах – бентосом і перифітоном, в зоні контакту бенталі і пелагіалі – пелагобентосом, в поверхневому шарі води – нейстоном і плейстоном.



До планктонних організмів належать гідробіонти, які не здатні до активних рухів або в разі володіння ними в силу малих швидкостей пересування не здатні протидіяти токам води.

Вони характеризуються розчленованістю свого тіла, наявністю великою кількості виступаючих органів, поганою обтічністю, що забезпечує їм добре виражений парашутний ефект і утворює високий опір при поступальних рухах.

За ступенем прихильності організмів планктону до водної товщі розрізняють:

- голопланктон;
- меропланктон;
- кріопланктон.

До **голопланктону** належать організми, які все своє активне життя проводять у товщі води і тільки стадії, що знаходяться в спокої (бруньки, яйця) можуть знаходитися на дні.

До **меропланктону** відносяться форми, які існують у товщі води тільки впродовж певного відрізка свого активного життя, а іншу частину життя проводять в інший спосіб. Це пелагічні личинки донних тварин, ікра, личинки риб.

**Кріопланктон** – це населення талої води, яка утворюється під променями сонця в порожнинах снігу та тріщинах льоду. Вдень ці організми ведуть активний спосіб життя (джгутиконосець, що забарвлює сніг у червоний колір), а вночі знову вмерзають у лід.

Прийняття планктонів та нектонів до пелагічного способу життя зводяться до:

- забезпечення плавучості;
- активного і пасивного руху;
- вертикальних і горизонтальних міграцій.

Плавучість планктонних організмів розглядається як занурення з найменшою швидкістю і тоді формула плавучості за законом Оствальда набуває такого вигляду:

$$a = v / c \cdot d \quad (1.1)$$

де:  $a$  – швидкість занурення;  $v$  – залишкова маса (різниця між масами організму і води, що витиснута цим організмом);  $c$  – в'язкість води;  $d$  – опір форм.

Із цієї формули випливає, що організми можуть збільшувати свою плавучість, підвищуючи тертя о воду і зменшуючи залишкову масу.

Яким же чином досягається підвищення тертя о воду? Чим більша питома поверхня тіла, тим повільніше внаслідок тертя о воду організми занурюються у воду. Оскільки із зменшенням розмірів тіла питома поверхня збільшується, то найхарактернішою рисою планктону є малі і мікроскопічні розміри утворюючих його організмів, що і забезпечує їх довготривале паріння в товщі води.



Крім того, збільшення питомої поверхні організмів досягається сильною розчленованістю тіла, утворенням різноманітних виростів, шипів і інших придатків.

**Зменшення залишкової маси** досягається зменшенням кількості кісткової тканини, білку в тканинах, заміною іонів важких солей на більш легкі, відкладанням великої кількості жиру, утворенням порожнин, заповнених повітрям. Так, у багатьох радіолярій кремeneві голки стають порожнистими, планктонні діатомові мають дуже тонкі кремeneві оболонки; у багатьох глибоководних риб значно зменшується кількість білку (до 5% від маси замість 20-25%). У багатьох водоростей і безхребетних замість важких іонів магнію, кальцію, сульфат-іону в їх тілах нагромаджуються більш легкі іони натрію, калію, амонію. Але найбільш поширений спосіб зменшення щільності у гідробіонтів – це накопичення жиру. Жирові краплі є в ікрі цілого ряду риб (скумбрія, кефалеві, камбала). Жир замість важкого крохмалю відкладається в якості запасної поживної речовини у діатомових і зелених водоростях. У акул так багато жиру, що вони без будь-яких додаткових активних рухів утримуються у поверхні води і живляться планктоном.

Також ефективним способом підвищення плавучості є газові включення в цитоплазмі або спеціальні повітряні порожнини. Газові вакуолі є у багатьох водоростей, газовий пухирець є у амеб, гідр та каракатиць. Плавальний міхур, заповнений газом, характерний для багатьох риб. Завдяки йому вони легко змінюють глибину, а також він є резервуаром повітря.

**Активний рух** у гідробіонтів частіше за все проявляється у формі плавання, значно рідше спостерігається стрибання, сковзання. Деякі пелагічні тварини, розганяючись у воді, вистрибують з неї і здійснюють політ у повітрі (летючі риби). Плавання здійснюється за допомогою джгутиків і війок, шляхом згинання тіла, греблю кінцівками та реактивним способом. Вертикальні пересування у воді можуть здійснюватись за рахунок зміни щільності організмів.

Пересування за допомогою війок і джгутиків спостерігається тільки у мікроскопічних організмів. Гребля кінцівками характерна для плаваючих комах. Шляхом згинання тіла плавають риби та ссавці. Плавання реактивним способом характерно для джгутикових, інфузорій, медуз. Вони мають дзвоноподібне тіло, яке скорочуючись, виштовхує воду, що його наповнює.

Для забезпечення швидкості руху у нектонтів виробляється обтічна форма тіла і розвиваються органи, що скеровують рухи тіла. У риб регуляторами глибини є плавці і хвіст. Також високій швидкості руху сприяє виділення слизу, що зменшує тертя о воду.

Плаваючі тварини, як правило, мають від'ємну та позитивну плавучість. **Від'ємна плавучість** – це посилена здатність до занурення, а **позитивна плавучість** – це посилена здатність до виштовхування з води. Гідробіонти повинні виробити певні пристосування для того, щоб запобігти або



виштовхуванню з води, або зануренню у воду. У зв'язку з цим тіло тварин з від'ємною плавучістю, як правило, більш опукле зверху, внаслідок чого під час руху утворюється підйомна сила, а у тварин із позитивною плавучістю більш опукле черево і тому під час їхнього руху виникає заглиблююча сила. Цікаво, що у тюленів, які мають позитивну плавучість, черево не може бути опуклим, оскільки б воно заважало тваринам лежати на льоду або пересуватися на березі. У зв'язку з цим тюлені плавають черевом догори і більш опукла спинна сторона створює потрібну заглиблюючу силу.

До стрибальних рухів здатні коловертки, ракоподібні, личинки комах, риби, ссавці. Під час стрибка швидкість руху на багато більша, ніж при плаванні. Так, кальмари, розганяючись у воді, можуть пролітати над її поверхнею понад 50 м зі швидкістю 50 км/год. Таким чином вони рятуються від хижаків. Так само рятуються і летючі риби. Вистрибуючи з води, вони можуть утримуватися в повітрі близько 10 с і пролітати відстань до 100 м.

**Вертикальні рухи** здійснюються за рахунок зміни щільності організмів шляхом поперемінного нагромадження в клітинах важких або легких іонів. Такі рухи характерні для водоростей. У безхребетних зміна щільності і відповідне переміщення по вертикалі досягається утворенням тимчасових газових камер. У більш крупних організмів, які мають постійні газові камери є здатність регулювати їх об'єм, завдяки чому вони переміщуються вгору або вниз.

**Пасивні рухи** пов'язані з рухом водних мас та дією зовнішніх сил. Планктонні організми пересуваються за рахунок дії зовнішніх сил у більшому масштабі, ніж нектонні. Гідробіонти широко використовують переміщуючи природні сили для розселення, зміни біотопів, забезпечення харчування, розмноження тощо, компенсуючи таким шляхом недостатність засобів активного пересування або економлячи енергію. Пасивні рухи сприяють:

- більш широкому розселенню гідробіонтів,
- порушенню генетичної ізоляції окремих популяцій,
- обміну спадковим матеріалом, збагаченню генофонду і процвітанню виду.

Величезний за своїми масштабами переніс гідробіонтів токами води в океані. Морські течії, які володіють великою протяжністю та високою швидкістю, здатні переміщувати рослини і тварин на тисячі кілометрів. Наприклад, личинки вугра із центральної частини Атлантичного океану (Саргасове море) переносяться Гольфстрімом у північно-східному напрямку на 8 тис. км.

Планктонти здатні переміщуватись і повітряними течіями, наприклад, коли водойми пересихають. Здіймаючи пил з ґрунту, що висох, вітер разом з ним переносить і мікроскопічні організми планктону, забезпечуючи їх розселення в інших водоймах. Вмерзаючи в лід, переносяться разом з ним представники морського і прісноводного планктону. Таким же



переміщуючим субстратом можуть бути днища кораблів, а також різноманітні гідробіоти, до яких тимчасово прикріплюються планктонні організми.

Популяціям багатьох представників планктону і нектону властиві масові переміщення, які регулярно повторюються в часі і просторі. Вони здійснюються у вертикальних і горизонтальних напрямках в ті частини ареалу, де на даний час найбільш сприятливі умови. Таким чином, міграції дозволяють популяції більш ефективно використовувати життєві ресурси.

**Вертикальні міграції** бувають:

- добові;
- сезонні;
- онтогенетичні (вікові).

Мігранти переміщуються під контролем різних факторів, із яких головними є освітленість та температура.

**Добові вертикальні міграції** пов'язані, в першу чергу, з живленням гідробіотів та самозахистом. В темній період доби планктонні тварини перебувають у верхніх шарах води, де спостерігається найбільша концентрація водоростей, а на світлий період доби переміщуються вглиб, тим самим різко зменшуючи свою доступність для зривих риб. Риби також піднімаються до поверхні в вечірній час і використовують присмерки для інтенсивного живлення.

Масштаби міграції планктонів і нектонів в морях звичайно досягають 50-200м і більше, в прісних водоймах з мало прозорою водою - декілька десятків сантиметрів. Тобто, чим прозоріше вода, тим амплітуда міграції вища.

**Сезонні і вікові вертикальні міграції** відповідно пов'язані з сезонними змінами різних гідрологічних показників і з переїздами в стані самих організмів. Наприклад, рачки *Ephysura baikalensis* в озері Байкал зимують на глибині 200-300 м, а навесні піднімаються в поверхневі шари озера.

**Горизонтальні міграції** здійснюють, головним чином, представники нектону, особливо риби і ссавці. Йдуть на нерест з моря до річок риби (осетрові, лососеві), періодично підходять до берегів океанічний оселедець, тріска. З річок до морів на нерест пливають вугри.

За біологічним значенням виділяють: кормові, нерестові та зимувальні міграції, які можуть комбінуватися. Наприклад, навесні на відгодівлю із Чорного моря до Азовського входить хамса, а восени повертається назад на зимівлю в більш теплі води. Мігрують на північ кальмари, які живляться сардиною і знову повертаються для відкладання ікри до берегів Японії.

Горизонтальні міграції нектонів можуть досягати дуже значних величин. Креветка *Penaeus plebeus* долає відстань до тисячі кілометрів і більше. Гренландські тюлені живляться серед плавучих льодів, а восени мігрують на південь, де розмножуються на льоду і залишаються тут до весни. Шлях у 7-8 тис. км пропливають вугри, які йдуть із річок Північної Європи до



Саргасового моря, де після нересту гинуть. Долаючи величезні відстані під час міграцій, тварини виявляють разючі навігаційні здібності. Наприклад, риби незмінно йдуть на нерест в одні й ті ж самі місця, вибираючи серед десятків і сотень приток річки ту, в якій з'явилися на світ.

**Бентосні організми мешкають на поверхні ґрунту і в його товщі.** До найбільш масових представників бентосу слід віднести бактерій, актиноміцет, водорості, гриби, найпростіших (корененіжки, інфузорії), губки, корали, ракоподібних, молюсків, личинок комах.

**До перифітону** (обростання) звичайно відносяться усі організми, які мешкають на твердих субстратах за межами придонного шару води, тобто на вкритих водою поверхнях різних гідротехнічних споруд, днищах кораблів, на стінках водоводів, рослинах і тваринах, на плаваючих у воді предметах. До складу перифітону входять бактерії, водорості, особливо діатомові, гриби, найпростіші, двостулкові молюски і інші безхребетні.

**Прийняття** гідробіонтів до бентосного і перифітонного способу життя зводяться до:

- розвитку засобів утримання на твердому субстраті;
- захисту від засипання завислими речовинами;
- розробки найбільш ефективних засобів захисту.

Організми бентосу і перифітону мають здатність протидіяти рухам водних мас, гравітаційним силам завдяки утворенню важкого масивного скелету. Прикріплення до субстрату може бути тимчасовим або постійним. Морфологічно прикріплення буває:

- пневматичним (молюски, п'явки, актинії) – присмокування;
- у вигляді суцільного приростання, яке у свою чергу може бути вапняковим (одиначні корали, устриці) або хітиновим (рогоподібним) у вусоногих раків.
- коренеподібним, за допомогою коренів і ризоїдів (характерно для багатьох водоростей і основної маси вищих рослин);
- ниток бісуса (молюски, зокрема мідії).

Заглиблення в субстрат відбувається в формі часткового або повного закопування в ґрунт, а також впровадження в тверді породи шляхом висвердлювання та проточування. Здатні закопуватись в ґрунт молюски, олігохети, личинки комах і навіть деякі риби. До тимчасового закопування в ґрунт пристосувались краби, креветки, головоногі молюски, морські зірки, деякі риби, наприклад, камбала.

Усім прикріпленим до ґрунту організмам загрожує небезпека захоронення під шаром осадів внаслідок постійного осідання на дно завислих у воді мінеральних і інших часток. Тому у всіх бентонтів виробляється в якості запобіжного заходу припідняття над ґрунтом за рахунок відповідної форми тіла і витягування до верху в процесі росту.

Найбільш поширена форма тіла у донних організмів – конусоподібна, лійкоподібна, грибоподібна, тобто в усіх випадках більш тонка знизу. Така



форма властива губкам, коралам, морським ліліям. Рослин рятує від засипання швидке наростання стебел.

За ступенем рухливості серед бентосних і перифітонних організмів виділяють такі форми:

- бродячі (краби, восьминоги, морські зірки);
- лежачі (молюски, морські їжаки), які не роблять значних пересувань і в основному лежать на ґрунті;
- прикріплені (губки, корали).

Виходячи з цього, можна зазначити, що у організмів бентосу і перифітону здатність до активних рухів виражена набагато слабкіше, ніж у пелагічних організмів. Мала рухливість, характерна для багатьох бентонтів і перифітонтів в дорослому віці зазвичай компенсується високою мобільністю їхньої молоді, яка веде пелагічний спосіб життя.

Залишаючи ґрунт, бентонти можуть деякий час знаходитися в товщі води, спливати на поверхню або пересуватися в горизонтальному напрямку за допомогою греблі кінцівками, вигинанням тіла або іншими способами.

Рух по поверхні твердого субстрату відбувається шляхом бігання або ходіння, повзання, стрибання, ковзання. Бігання і ходіння на ґрунті властиве ракоподібним, кохам і їх личинкам. Повзання відбувається за допомогою кінцівок, скорочення тіла, в'їлок. Дуже часто воно здійснюється шляхом підтягування тіла до місця прикріплення з послідовним перенесенням тіла вперед по ходу руху. Наприклад, восьминіг присмоктується щупальцями до того чи іншого субстрату, потім підтягує до місця прикріплення все тіло, після чого щупальця знову викидаються вперед і прикріплюються до субстрату.

Здатні стрибати окремі види червононогих молюсків. Ковзання характерне для багатьох кохам, які зачіплюючись лапками, можуть пересуватись по абсолютно гладких поверхнях.

У ґрунті тварини пересуваються в вузьких ходах, в проміжках між часточками ґрунту, розсуваючи їх або ковтаючи з наступним виведенням через анальний отвір. Таким чином пересуваються дуже дрібні організми (інфузорії, нематоди, личинки двокрилих кохам).

Для багатьох представників бентосу характерне явище "*хоумінгу*" – повернення до місця постійного існування. Залишаючи свої сховища заради пошуку їжі та інших цілей, тварини кожного разу повертаються додому, користуючись роботою самих різноманітних органів чуття.

Як і для пелагічних організмів бентонтам характерні горизонтальні і вертикальні міграції, які відбуваються по дну, в товщі ґрунту та шляхом підняття в товщу води. **Горизонтальні міграції** в основному проходять для відгодовування організмів. **Вертикальні міграції** в товщі ґрунту носять добовий або сезонний характер. **Добові міграції** пов'язані з:

- захистом від виїдання,
- розселенням,



- живленням,
- здобуванням кисню.

Сезонні міграції викликані погіршенням кисневого режиму і зниженням харчової активності ворогів, для чого бентонти переміщуються в поверхневі шари ґрунту.

Організми **пелагобентосу** існують в зоні контакту водної товщі з дном і мають здатність плавати, пересуватися по ґрунту або закопуватися в нього. В залежності від розмірів і ступеня рухливості представники пелагобентосу відносяться до:

- нектобентосу (вищі раки і риби);
- планктобентосу (поперемінно живуть у воді та в ґрунті личинки комаря, жуки, ряд коловерток, синьо-зелені водорості).

Приповерхневий шар води є біотопом **нейстону** та **плейстону**. Суттєва різниця цих двох життєвих форм полягає в тому, що **нейстон** – це *мікроскопічні або дрібні організми, які існують на поверхні водної плівки або безпосередньо під нею*, а **плейстон** – це *організми крупних або середніх розмірів, частина тіла котрих занурена у воду, а частина виступає над поверхнею води*.

Життєві форми нейстону поділяють на:

- **епінейстон** – це організми, які існують на верхньому боці плівки натягу води (клопи водоміри, жуки вертячки, мухи). Плівка під лапками бігаючих комах прогинається, але не рветься, чому сприяє незмочуваність їх зовнішніх покрівів тіла.

Умови життя представників епінейстону характеризуються посиленою сонячною радіацією, високою вологістю повітря. Велика концентрація органічних речовин, що скупчуються на поверхневій плівці і під нею, створюють сприятливі умови для живлення цих гідробіонтів. Але, з іншого боку, вони самі дуже уразливі для ворогів, тому що можуть піддаватися нападу з води і повітря, а будь-яких сховищ гідробіонти позбавлені.

- **гіпонеїстон** – це сукупність організмів, що населяють верхній шар води товщиною 5 см з нижнього боку плівки натягу води.

Цей шар води ще називають "інкубатором", тому що в ньому поглинається до 50% усієї сонячної радіації, яка потрапляє у воду, концентрація кисню із-за контакту з повітрям постійно висока, велика концентрація органічних речовин. Тому в цьому біотопі присутні яйця і молодь гідробіонтів.

Поверхнева плівка завдяки своїй пружності є опорою гіпонеїстонним організмам, які підвішуються до неї або упираються в неї знизу.

Гіпонеїстон існує в складних біотичних умовах, тому що знаходиться начебто під дією подвійного пресу: з повітря (летючі миші, птахи) та з води (гідробіонти). Захист від хижаків обмежений високою освітленістю води, відсутністю сховищ, а також неможливістю руху вгору із-за плівки. Це сприяло виникненню адаптацій у представників гіпонеїстону, таких як:

- змочуваність зовнішніх покрівів тіла;



- позитивний фототропізм (світлолюбиві);
- прозорість тіла;
- пігментація, яка захищає від ультрафіолетових променів.

До складу гіпонеїстону входять бактерії, найпростіші, ракоподібні, молоски, комахи, молодь риб. Ці гідробіонти ведуть нейстонний спосіб життя періодично, тобто в ті чи інші години доби, в ті чи інші сезони року.

Для представників **плейстону** (латаття біле, глечики жовті) характерна подвійність адаптацій, оскільки частина їх тіла знаходиться у воді, а частина – у повітрі. Так, дихання у плейстонних рослин відбувається як за рахунок поглинання кисню з атмосферного повітря, так і розчиненого у воді. Характерно, що продишові клітини утворюються тільки на верхньому боці листової пластинки. Від змочування їх водою захищає восковий наліт та опуклість листової пластинки

#### Питання для самоконтролю

1. Що називають життєвою формою?
2. Назвіть усі відомі Вам життєві форми гідробіонтів та біотопи, в яких вони мешкають.
3. Якими пристосуваннями досягається покращення плавучості планктону та нектону?
4. Поясніть сутність та біологічне значення вертикальних та горизонтальних міграцій пелагічних гідробіонтів.
5. У яких формах проявляються активні рухи планктонів і нектонів?
6. Які гідробіонти є типовими представниками бентосу та перифітону?
7. Якими шляхами гідробіонти прикріплюються до субстратів?
8. Які адаптації виробили бентонти для захисту від засипання завислими часточками?
9. Порівняйте рухливість пелагічних і бентосних гідробіонтів.
10. У чому відмінність нейстону від плейстону? Які життєві форми нейстону Ви знаєте?

## Блок 2. " Екологічні основи життєдіяльності гідробіонтів"

### Тема 1. Роль світла в житті гідробіонтів

Світло прямо або опосередковано є однією з найнеобхідніших умов життя гідробіонтів. Значення світла для органічного світу полягає в тому, що:

- воно необхідне для існування зелених рослин, котрі є джерелом харчування водних тварин;
- світло безпосередньо впливає на хід обміну речовин, добовий ритм активності, способу здобуття їжі, захисту від ворогів;
- світло впливає і на дозрівання статевих продуктів. Ряд гідробіологів вважають, що підйом риб та інших тварин із статевими продуктами, що дозрівають, до поверхневих шарів водойми



обумовлений впливом ультрафіолетових променів;

з умовами освітлення водойм пов'язані риси будови водних тварин, ступінь розвитку органів зору та інших органів чуття, забарвлення гідробіонтів тощо.

Гідробіонти мешкають в різних умовах освітлення: в верхніх добре освітлених горизонтах; при сутінковому освітленні; в умовах повної темряви (в абісали морів і океанів, підземних водах). У більшості гідробіонтів реакція на світло змінюється в процесі розвитку. Молоді стадії, як правило, мешкають в умовах більш яскравого освітлення, ніж дорослі. Проте, спостерігається і протилежне явище: наприклад, у молоді лососевих і деяких інших риб має місце захисна реакція - вони ховаються під камені.

Основним джерелом світла у водоймах є сонячні промені і лише у незначній степені - промені інших небесних тіл (місяця, зірок). У самій водоймі джерелом світла є світні рослини і тварини. В глибинах абісали світні організми виявляються єдиним джерелом світла.

Вода - це середовище дуже щільне і світло воно пропускає погано. Світло у водоймі швидко поглинається і розсіюється, а частково перетворюється в теплоту. Процеси поглинання і розсіювання залежать від спектрального складу випромінювання Сонця. Сонячний промінь, як відомо, складається із променів видимого й невидимого спектру. До видимої частини спектру належать усі промені, які вловлюються нашими органами зору - від червоних до фіолетових включно. До невидимої частини спектру відносяться ультрафіолетові і теплові інфрачервоні промені. Найбільшу довжину хвилі мають інфрачервоні промені. По мірі просування до ультрафіолетової частини спектру довжина світлової хвилі поступово зменшується.

Світлові промені з різною довжиною хвилі поглинаються і розсіюються водним середовищем неоднаково. Найбільш інтенсивно поглинаються інфрачервона і ультрафіолетова частини спектру. Практично уся радіація цих видів поглинається у верхньому метровому шарі води. Із видимої частини спектру найбільш інтенсивно поглинаються водою промені з великою довжиною хвилі.

В чистій воді на глибину 10 м проникає всього 2 % червоних променів, жовтогарячих — 8%, жовтих - 32%, а синіх - 75%. На глибинах понад 500 м присутні лише фіолетові промені - вони розповсюджуються до глибини близько 1500 м.

Проникненню світла вглиб водойм перешкоджає і процес розсіювання сонячних променів. Розсіювання світла відбувається завдяки відбиттю світлових променів від різних завислих у воді часточок, а також внаслідок відбиття їх від молекул самої води. Розсіюються переважно короткохвильові промені.

Забарвлення водойм залежить від тих променів, котрі завдяки процесу розсіювання світла виходять із води і потрапляють у око спостерігача. Із чистої води виходять переважно сині промені. Тому, чим прозоріша води,



тим вона здається більш блакитною. У воді, в якій міститься багато зависей, розсіюються переважно жовті, зелені промені. Тому така вода сприймається нами як зелена чи брунатна.

З умовами освітлення дуже тісно пов'язане вертикальне розподілення рослинності як донної, так і пелагічної.

У процесах фотосинтезу найбільше значення мають червоні і жовті промені, тобто промені, котрі водою поглинаються найшвидше. Тому зрозуміло, що рослини можуть існувати тільки в тих шарах водойм, куди ці промені проникають в достатній для фотосинтезу кількості.

У морських водоймах межею масового розповсюдження рослин є глибини близько 100 м – тут повністю зникають червоні, жовтогарячі та жовті промені і залишаються лише сліди зелених. Лише деякі рослинні організми мешкають на глибинах 200-350 м.

В прісних водоймах внаслідок їх значно меншої прозорості рослинність звичайно зустрічається не нижче 30 м. У зв'язку з великою різноманітністю континентальних водойм ця межа дуже коливається. Наприклад, в прозорих гірських озерах водорості звичайно бувають дуже багато чисельні на глибині і 75 м. Навпаки, в рівнинних водоймах з малою прозорістю води межа розповсюдження водоростей і квіткових рослин проходить на глибині всього 1-2 м.

Умови освітлення мають дуже великий вплив на розподілення різних систематичних груп донних рослин. Особливо яскраво проявляється цей вплив на вертикальному розподіленню донної рослинності в морських водоймах.

Різні систематичні групи червоних, бурих, зелених водоростей, які населяють прибережну частину моря, не утворюють на дні барвистого килиму, а розміщуються в певній послідовності. Зелені водорості мешкають до глибини 5-6 м, далі йде пояс бурих водоростей - вони переважають на глибинах до 20-30 м, а нижче, в слабо освітленій зоні, мешкають червоні водорості. Нижньою межею їх поширення є глибини близько 200 м. Проте, деякі види червоних водоростей мешкають і на малих глибинах, в прибережній зоні.

Ця специфічна закономірність отримала пояснення завдяки дослідженням Гайдукова. Він встановив, що рослини, які мають крім хлорофілу й інші пігменти, найбільш інтенсивно використовують для фотосинтезу ті промені сонячного спектру, котрі є додатковими до їх забарвлення. Наприклад, зелені водорості з усіх променів спектру найбільш енергійно використовують червоні і частину фіолетових, майже безслідно пропускаючи зелені. Переважна більшість зелених водоростей і мешкає на глибині 5-6 м.

Червоні водорості використовують для фотосинтезу головним чином промені жовто-зеленої частини спектру, котрі в значних кількостях присутні ще на глибинах до 100 м. Тому червоні водорості можуть мешкати на такій глибині, де зелені водорості існувати не можуть.



У бурих водоростей максимальна асиміляція вуглекислоти відбувається при поглинанні жовтогарячих і частково жовтих променів, котрі у великій кількості присутні тільки до глибини 50-60 м.

Будова органів зору водних тварин відрізняється великою різноманітністю (мал.2.1). Добре розвинені очі, як правило, у хижих тварин, які активно переслідують свою здобич. Навпаки, тварини прикріплені або малорухомі, а також багато планктонних організмів, нерідко позбавлені очей. Наприклад, із планктонних тварин не мають органів зору багато медуз, крилоногі моллюски. Ряд глибоководних і печерних тварин зовсім позбавлені органів зору. Проте у таких сліпих риб добре розвинені органи бічної лінії та органи дотику (видовжені промені плавців, вуса).

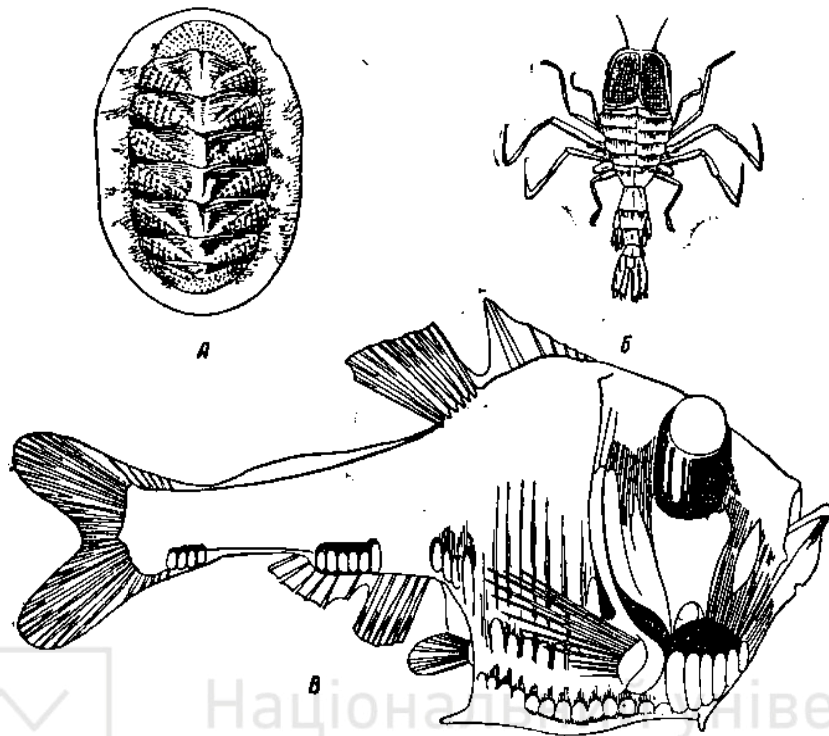
Кількість очей у водних тварин різна: від 1, 2-х, 4-х до декількох сотень (мал.2.1 А). Сильно коливаються і розміри очей: від мікроскопічно малих до гігантських. Органи зору багатьох мешканців сутінкової зони розвинені дуже сильно: очі досягають величезних розмірів і мають складну будову (мал. 2.1 Б). Наприклад, діаметр ока деяких глибоководних риб складає 40 і навіть 50% довжини голови. У багатьох глибоководних риб розвинені телескопічні очі (мал.2.1 В).

Очі у риб різного кольору. У морського півня - блакитні, у меч-риби - темно-сині, у мулового стрибуну - червоні, у бризкуна - яскраво-жовті з великою чорною зіницею посередині, у білоочки - білі, у зеленоочки - зелені.

Спектр світла, який сприймається очима більшості риб та безхребетних інший, ніж у людини. Тільки у риб, які мешкають у верхніх шарах водойми, шкали світло сприйняття наближаються до людських. Риби ж, котрі мешкають у сутінковій зоні і в абісали, сприймають лише незначну кількість променів сонячного спектру.

Більшість риб (крім акул) розрізняють кольори, бо сітківка їхнього ока містить колбочки (нервові клітини, що розрізняють кольори) і палички (клітини, нечутливі до кольору). У риб, які володіють кольоровим зором, відмічається приваблююча дія світла певного кольору. Це світло має, як правило, сигнальне значення. Наприклад, на чорноморську ставриду найбільш привабливо діє жовтогаряче-червоний колір, який асоціюється з ранковим забарвленням верхніх горизонтів води, в умовах котрого здійснюється живлення ставриди. Чорноморського ж обапола приваблює зелено-синій колір, який асоціюється з кольором прибережних заростей, де ця риба мешкає.

Яку ж інформацію отримують риби за допомогою органів зору? У прозорій воді риби бачать на відстані до 15 м. Вони чітко розрізняють предмети, їхню форму, колір і навіть відтінки кольорів у межах 1-1,5 м. Особливості будови очей риб дають їм змогу спостерігати за значною частиною навколишнього середовища. Не повертаючи тіла, риби можуть бачити предмети кожним оком у секторі близько 150°, а по горизонталі - у секторі близько 160-170° (мал.2.2). Проте найчіткіше вони розрізняють ті



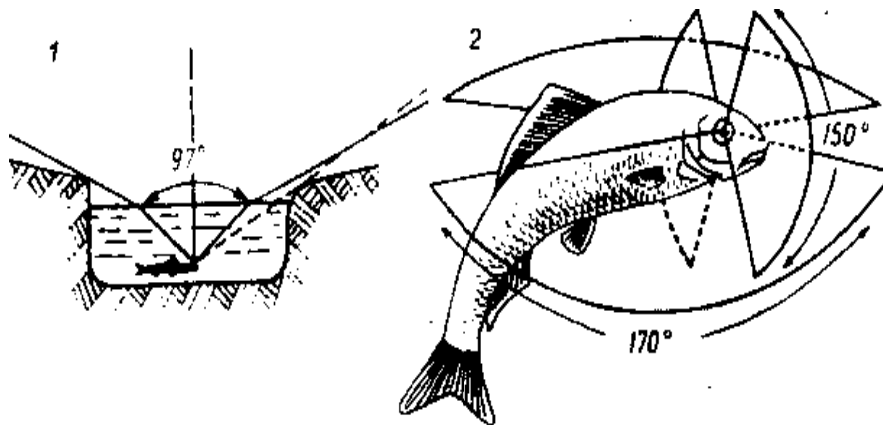
Мал. 2.1. Органи зору водних тварин: А - тропічний вид молюска *Chiton* з багато чисельними очима на пластинках черепашки; Б – глибоководна амфіпода *Cystisoma*; В – глибоководна риба *Argyropelecus hemigymnus*

Решту предметів риби бачать у спотвореному вигляді. Добре бачити надводні й прибережні предмети рибама допомагає те, що світловий промінь, відбившись від сітківки ока риби, при переході з води у повітря заломлюється, внаслідок чого край берега не перешкоджає рибі бачити розташовані неподалік від берега предмети.

Органи зору водних тварин відіграють найважливішу роль у пошуку їжі. Встановлено, що від гостроти зору риб залежать їх пошукові здібності, а також склад їжі в різні періоди доби. Наприклад, азовська перкарина вдень живиться дрібними планктонними ракоподібними, а вночі переходить на живлення тюлькою, котру шукає за допомогою органів бічної лінії.



Планктоноїдні риби, які користуються при вловлюванні здобичі тільки органами зору, вночі припиняють харчуватися.



Мал. 2. Схема кутів зору риби: 1 — кути, під якими риба бачить предмети над водою; 2 - кути, під якими риба бачить у воді

Вивчення особливостей зору риб має велике практичне значення. Із зором риб пов'язані дуже важливі реакції, котрі треба знати при організації промислу: рух риб на світло, на штучні приманки, сприйняття рибою забарвлення сіток. Людина здавна користується різними реакціями, які виробилися у риб на певні зорові сигнали. Особливо широко використовується в рибному промислі приваблення риб на штучне освітлення. Приваблювана світлом підводних електроламп, кілька засмоктується потужними насосами на судно. На Далекому Сході використовують світловий лов сайри.

Штучним світлом приваблюються переважно зграйні планктоноїдні риби, але не хижаки і не детритоїди.

Забарвлення будь-якого предмету у воді визначається тим, які промені відбиваються від його поверхні. Якщо, наприклад, організм при сонячному світлі видається нам червоним, це означає, що від його поверхні відбиваються червоні промені. Проте в тому випадку, коли такий організм перебуває на глибині, де червоних променів вже немає, то він не може їх відбивати і тому здається нам чорним або сірим.



Забарвлення водних рослин і тварин дуже різноманітне. Особливо яскраво забарвлені мешканці прибережної області тропічних морів. В помірних та полярних областях організми забарвлені більш однотонно.

Широко розповсюджені серед водних тварин різні форми захисного забарвлення, яке робить їх непомітними для ворогів і здобичі. Одним з прикладів захисного забарвлення є повна прозорість і безколірність багатьох планктонних тварин, які мешкають в верхніх шарах. В цих горизонтах зустрічається також багато тварин, які забарвлені в синій або блакитні тони. У більшості риб забарвлення верхньої частини тіла темне, а нижньої - світле, що має маскувальне значення. Рибоїдні птахи зверху не бачать їх темну спину на темному фоні дна, а хижаки не можуть розгледіти біле черево на тлі світлого неба.

Забарвлення риб залежить від наявності в їхній шкірі, під прозорою лускою, особливих клітин - хроматофорів (кольороносців), що містять різноманітні (жовті, червоні, жовтогарячі, чорні та інші) зернятка пігменту; а також від присутності кристаликів особливої речовини — *гуаніну*, які залежно від їх кількості і розміщення можуть давати білі, сріблясті чи райдужні кольори. У поєднанні з чорним пігментом гуанін дає сині й зелені металеві відблиски. Найяскравіше забарвлення у риб під час розмноження (здебільшого яскравішими є самці).

Деякі тварини - ракоподібні, молоски, риби - володіють унікальною здібністю активно змінювати забарвлення в залежності від кольору оточуючого середовища. Серед ракоподібних найбільший інтерес в цьому відношенні представляє невелика креветка *Hippolyte varians* (довжина 2,5 см), яка широко розповсюджена в прибережній зоні морів, а саме в заростях морських трав та водоростей. На червоних водоростях креветка має червоне забарвлення, на морській траві - набуває зелений колір, на бурих водоростях - брунатний. Вночі ж усі креветки, незалежно від денного забарвлення, стають прозорими і набувають дуже гарного блакитного кольору. Якщо креветку перенести на водорості іншого кольору, вони починають поступово змінювати забарвлення і через декілька днів набувають колір нового основного фону.

Змінювати своє забарвлення можуть і багато риб. Особливо яскраво ця здатність виражена у камбалових. Як відомо, у камбал обидва ока знаходяться на одному боці. Нижня частина тіла, яка звернена до ґрунту, звичайно світла, верхня ж сторона, на якій знаходяться очі, забарвлена в залежності від кольору субстрату. Камбали володіють здатністю не тільки відтворювати забарвлення ґрунту, але й його рисунок. Якщо ґрунт плямистий, то верхня сторона тіла камбали стає теж плямистою, причому абсолютно точно повторюються навіть розміри плям.

Здатність до активної зміни забарвлення досягається у всіх цих тварин тим, що в шкірі їх розсіяна велика кількість дрібних клітинок, які містять різний пігмент: зелений, блакитний, червоний тощо. Зміна забарвлення тіла



відбувається завдяки тому, що змінюється форма пігментних клітин, а також і розподілення пігменту в середині їх. Наприклад, у креветки Hippolyte в кожній клітині міститься 3 пігменти: червоний, синій, жовтий. Ці кольори можуть сполучатися різним чином. Якщо червоний пігмент заповнює усю клітину, рачок видається нам червоним. Нічне блакитне забарвлення креветок визначається тим, що червоний і жовтий пігменти зосереджені в середині клітини у вигляді маленької крапочки, а синій пігмент розповсюджується по всій клітині. Цей процес регулюється нервовою системою.

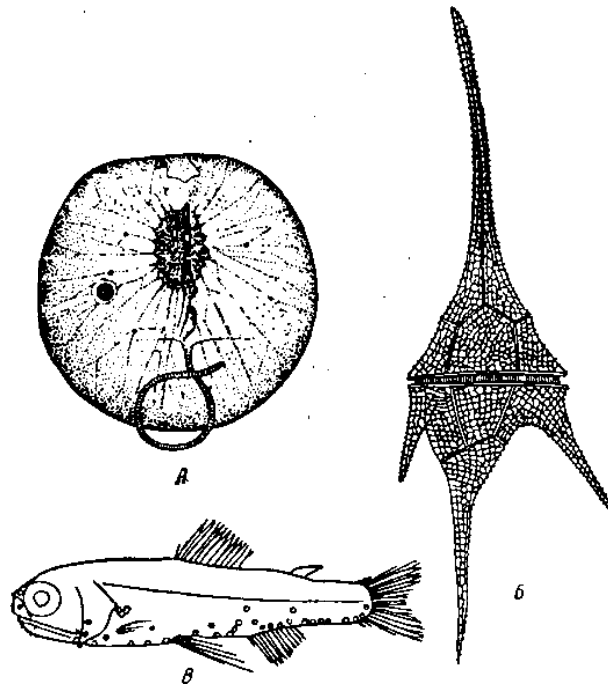
Явище світіння моря привертає до себе увагу людини з далекої давнини. І дійсно, картина нічного моря, уся поверхня котрого спалахує зеленим або блакитним світлом, уявляє незабутнє видовище.

Явище світіння, або **біоломінесценція**, відоме й на суші. Проте, тут число світних організмів невелике: декілька видів бактерій, грибів і небагато комах. В морських водоймах світні організми, навпаки, є багато чисельними і зустрічаються в різних систематичних групах - від бактерій до риб включно. Здатністю світитися володіють організми, які ведуть і планктонний, і донний спосіб життя, і рухомі, і прикріплені форми тощо.

Море світиться по-різному і різним світлом, в залежності від самої природи світних організмів. Лише невелика кількість організмів світяться безперервно — тільки бактерії. Це світло звичайно зеленувато-блакитне, рідше біле.

Переважає більшість організмів світиться окремими спалахами, то загоряючись, то затухаючи під впливом механічного подразнення: ударів хвиль, зіткнення один з одним, руху корабля тощо. Спалахи світних організмів тривають від декількох часток секунди до декількох десятків секунд.

Найбільш поширені серед світних організмів різні світні джгутикові, які мешкають в верхніх шарах водойми. Маса цих організмів з'являється навесні, наприкінці літа і восени. Виключно великої сили досягає світіння, яке викликається джгутиковими із класу Dinoflagellatae (Peredinium, Ceratium, мал.2.3 Б). Звичайно наприкінці літа і восени перидінеї розвиваються в таких кількостях, що викликають "цвітіння" моря. Скупчення перидінеї утворюють на поверхні моря великі червонуваті й брунатні плями та смуги. Вночі в цих районах спостерігається світіння: уся поверхня моря здається вкритою розплавленим сріблом і сяє блідим світлом. Світло, яким світяться перидінеї зеленуватий або білий. Світіння перидінеї іноді буває настільки інтенсивним, що при його спалахах можна читати. Перидінеї поширені в морях різних температурних областей. Поряд з перидінеями дуже широко розповсюджений і інший представник дінофлагеллят ночесвітка Noctiluca (мал.2.3 А), яка мешкає в морях помірних та тропічних областей.



Мал.3. Світні організми: А – ночесвітка *Noctiluca*; Б – перидінея *Ceratium*;  
В – світна риба.

Крупні організми - медузи, ракоподібні, головоногі молюски та інші при механічному подразненні світяться досить крупними спалахами — світло їх дуже яскраве і різнобарвне. Медузи світяться зеленим або блакитним світлом, сифонофори - червоним або фіолетовим. Вдень сифонофори грають усіма кольорами райдуги.

Більшість риб світяться зеленуватим світлом. Світні форми зустрічаються і серед донних тварин. Багато хробаків випромінюють фіолетове або синьо-зелене світло. Дуже яскравим і гарним буває світіння деяких коралів, усе тіло котрих горить і грає фіолетовим, рубіновим, жовтогарячим світлом.

Інтенсивність світіння в поверхневих шарах води буває дуже істотною, особливо в тропічних морях. Товщина поверхневого шару, що світиться, різна: від декількох сантиметрів до декількох десятків метрів. Сила світла, що випромінюється світними організмами, буває дуже великою. Спостереження, здійснені із батискафів та батисфер, показують, що в



глибинах океану біоломінесценція дуже інтенсивна. Наприклад, освітленість на глибинах понад 500 м завдяки присутності світних організмів виявляється в 2-5 разів вищою, ніж сила нічного світла на поверхні моря.

Якою ж є природа світіння водних організмів? Відомі три типи світіння морських тварин і рослин:

- *внутрішньоклітинне*;
- *позаклітинне*;
- *бактеріальне* - через опосередкованість симбіотичних мікроорганізмів.

У першому випадку світяться спеціальні клітини, які знаходяться в тілі організму. Це найбільш поширений тип світіння: він зустрічається як у водних, так і наземних тварин і рослин. В водоймах внутрішньоклітинне світіння зустрічається у представників різних систематичних груп від найпростіших до риб. У таких високоорганізованих форм, як ракоподібні, головоногі молюски, риби, внутрішньоклітинне світіння буває зосередженим в спеціальних органах - *фотофорах*. Ці органи мають складну будову, часто наділені справжнім рефлектором, вкритим шаром пігменту, і мають свого роду лінзу, за допомогою якої світло збирається і концентрується. Багато тварин мають здатність управляти своїми органами світіння і можуть включати і виключати їх як електричну лампочку. Світні органи розміщуються на різних ділянках тіла тварин: на голові, по боках тощо. Часто вони розташовуються в декілька рядів (мал. 3 В).

У другому випадку світиться рідина або слиз, які виділяються організмами і виробляються спеціальними залозами. Позаклітинне світіння здійснюється шляхом рефлекторного викидання світних хмар або світних завіс. Цей тип світіння притаманний, головним чином, глибоководним тваринам.

Світіння за допомогою симбіотичних мікроорганізмів виявлено тільки у головоногих молюсків і кісткових риб. Бактерії знаходяться в спеціальних органах і випромінюють безперервне світло.

Усе світло, що випромінюється світними організмами, належить до видимої частини спектру: в ньому немає ні теплової інфрачервоної, ні ультрафіолетової невидимої складових. Відповідно, світло, що випромінюється організмами, холодне.

Реакція біоломінесценції дає величезну кількість світла. Наприклад, 1 г сухої світної речовини черепашкового рачка *Surgidina* дає видиме світло при розчиненні в 1700 т води.

Як показують багаточисельні дослідження, у переважної більшості організмів процес світіння дуже тісно пов'язаний з процесом дихання і за відсутності кисню не відбувається. Проте є організми, які здатні до світіння і в без кисневому середовищі: деякі медузи, радіолярії.

У ряду організмів біоломінесценція - процес ферментативний. Світло виникає при окисненні особливої складної органічної речовини -



**люциферину** в присутності ферменту **люциферази**. Проте у багатьох світних організмів (бактерії, ночесвітка, ряд ракоподібних, деякі риби) не вдалося виявити ні люциферин, ні люциферазу.

Біологічне значення світіння для організмів ще не до кінця вивчено, але воно полягає:

- у приваблюванні здобичі;
- у захисті від ворогів;
- органи світіння служать свого роду розпізнавальними ознаками, які дозволяють тваринам розпізнавати особин свого виду.

Явище світіння має велике практичне значення для мореплавства та рибного промислу:

1. Завдяки світінню навіть в умовах повної темряви можна своєчасно помітити з судна берег, рифи, скелі, тому що в місцях із сильним хвилюванням моря світіння буває найбільш інтенсивним. Проте під час військових дій світіння часто відіграє демаскуючу роль, видаючи присутність затемнених кораблів або субмарин світним слідом.
2. Світіння допомагає виявити косяки риб. Здавна рибалки при нічному лові судять про присутність зграй риб по посилюючому світінню з характерними одиночними спалахами, котрі спричинені стрімким рухом окремих риб. Але в той же час, сильне світіння може демаскувати знаряддя лову - сітки, пастки. Відомо, наприклад, що в Чорному морі при сильному світінні сітки перетворюються у справжню вогняну завісу, яка відлякує риб.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. У чому полягає значення світла для органічного світу?
2. Що є основним джерелом світла у водоймах? Від чого залежать процеси поглинання і розсіювання світла у водоймах?
3. Від чого залежить забарвлення води водних об'єктів?
4. Чи мають вплив умови освітлення на розподілення різних систематичних груп донних рослин?
5. Особливості будови органів зору гідробіонтів. Чи розрізняють риби кольори?
6. Яку інформацію отримують гідробіонти за допомогою органів зору?
7. Від чого залежить забарвлення риб?
8. Чи мають здатність гідробіонти змінювати своє забарвлення?
9. У чому полягає сутність явища біоломінесценції?
10. Біологічне та практичне значення явища світіння.



## Тема 2. Газообмін гідробіонтів

Оксиген і нітроген - основні гази, що містяться у воді прісноводних і морських водойм. В значно менших кількостях розчинена вуглекислота. Крім цих газів, у водоймах можуть бути присутні сірководень, метан, аміак, вільний водень. Проте, високий вміст цих отруйних для переважної більшості організмів газів спостерігається рідко.

Водне середовище на відміну від суші містить лише невелику кількість повітря. В 1 л води навіть при достатній її аерації міститься не більше 20-25 см<sup>3</sup> повітря. Основних джерел газів у водоймах два:

- інвазія з атмосфери;
- утворення в самій водоймі в результаті життєдіяльності організмів, а також при чисто хімічних процесах.

У районах інтенсивної вулканічної діяльності, де мають місце підводні виверження, такі гази як вуглекислий, надходять у водойми із земної кори.

Розчинення газів із атмосфери - процес в більшості випадків фізичний, що залежить від ряду причин. Велике значення мають властивості самих газів: розчинність різних газів неоднакова. Так, кисень розчиняється значно краще, ніж N<sub>2</sub>. Тому кількісні співвідношення між киснем і нітрогеном у водоймах інші, ніж між цими ж газами в атмосфері. У повітрі співвідношення O<sub>2</sub> до N<sub>2</sub> = 21 : 78, тобто приблизно 1:4, а у воді це співвідношення складає 34:66, тобто приблизно 1:2. Таким чином, у воді кисню відносно більше, а нітрогену менше, ніж в атмосферному повітрі.

Ступінь розчинності газів залежить також від температури, солоності, атмосферного тиску. Чим нижче тиск, температура та солоність, тим кількість розчиненого газу більша. Розчинення фізичним шляхом відбувається у всіх газів, за виключенням CO<sub>2</sub>. Розчинення CO<sub>2</sub> уявляє собою фізичне явище тільки в тих випадках, коли вода має кислу реакцію. Якщо ж реакція води лужна, що має місце в більшості водойм, то частина CO<sub>2</sub> по мірі розчинення і утворення H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> вступає в реакцію з різними солями, які містяться у воді, і переходить у зв'язаний стан.

Гази, розчинені в поверхневих шарах води, розповсюджуються вглиб водойми двома шляхами:

- завдяки різним формам перемішування води;
- завдяки дифузії.

Проте процес дифузії газів здійснюється дуже повільно, тому істотної ролі в аерації водойм не відіграє.

Величезний вплив на газовий режим водойм має життєдіяльність організмів. Особливо важливу роль відіграють організми в утворенні вільного кисню. Завдяки високій розчинності кисень у великих кількостях надходить у водойми з атмосфери. Але поряд з цим існує і друге дуже потужне його джерело - фотосинтез. Процеси фотосинтезу відбуваються, як відомо, тільки в умовах достатньої освітленості. Тому



виділення  $O_2$  рослинами здійснюється не безперервно - воно припиняється у нічні години. У процесах збагачення водойм киснем особливо значна роль фітопланктону. В періоди максимального розвитку - так званого "цвітіння", планктонні водорості перенасичують поверхневі шари водойми киснем. Вміст його стає в 3-4 рази більшим, ніж могло б надійти за тих же умов з атмосфери.

Явище перенасичення води киснем буває особливо значним в прісноводних водоймах. В морях і океанах максимальний вміст кисню звичайно не перевищує 110-120 %. Найбільше перенасичення спостерігається в штиль; але достатньо перемішування вітром, щоб перенасичення зникло. Зниження вмісту кисню у водоймах відбувається в результаті:

- хімічних процесів (окислення органічних і мінеральних речовин);
- біологічних явищ (поглинання  $O_2$  гідробіонтами в процесі дихання).

Найістотніше значення в процесах, які викликають зменшення вмісту кисню у водоймах, має життєдіяльність бактерій. Поглинання кисню бактеріями в процесах дихання нерідко досягає 90-95% від усієї його кількості, що споживається водними організмами. Значний дефіцит кисню спостерігається в періоди масового відмирання населення водойм. При розкладі органічних решток у водоймі зростає вміст розчинених органічних речовин, а це сприяє посиленому розвитку бактерій.

Нітроген надходить з атмосфери і утворюється внаслідок різних біологічних процесів, в яких важливу роль відіграють мікроорганізми. Вільний нітроген утворюється при відновленні сполук нітрогену денітрифікуючими бактеріями, а також при розкладі різних органічних залишків. Проте надходження  $N_2$  з атмосфери має значно більше значення, ніж накопичення нітрогену у водоймі в результаті біологічних процесів.

$CO_2$  в значних кількостях виділяється в процесі дихання усіма водними організмами. Велика кількість  $CO_2$  виділяється при розкладі органічних залишків під впливом деяких груп мікроорганізмів.

Крім кисню, нітрогену і  $CO_2$  у водоймах іноді є такі отруйні для більшості гідробіонтів гази як сірководень, метан, аміак. Найважливіше джерело цих газів - різні біологічні процеси. Найсприятливіші фактори для накопичення цих газів - погана аерація і утворення застійних областей в глибинах водойми.

Необхідною умовою нормального існування переважної більшості гідробіонтів є присутність у воді достатньої кількості вільного кисню, з котрим пов'язані процеси дихання тварин і рослин. Лише деякі мікроорганізми не потребують для своєї життєдіяльності кисню. Це бактерії та найпростіші.

В широкому розумінні *дихання гідробіонтів - це біологічне окислення, що вивільнює енергію*. В якості окислювача, тобто акцептора електронів, може використовуватися молекулярний кисень або інші субстрати. У зв'язку з цим, усі організми, як водні, так і наземні в залежності від їх



потреби в кисні поділяються на *аеробів* та *анаеробів*. Дихання аеробних організмів можливе в результаті окислення жирів, білків та вуглеводів, що входять до складу їх тіла. У анаеробів розщеплення вуглеводів відбувається в результаті бродіння (при бродінні має місце гліколіз - поступове розщеплення гексоз до 2 молекул пірвіноградної кислоти). Використання білків і в особливості жирів здійснюється анаеробами в дуже незначній ступені. Енергетичний ефект процесів анаеробного розщеплення в десятки разів нижче, ніж при окислювальних процесах.

Розрізняють 2 групи аеробів:

- *евриоксидні* (*карась, лин, сазан, в'юн*)
- *стенооксидні* (*форель*)

Евриоксидними є, наприклад, більшість прісноводних веслоногих ракоподібних, личинки комара і хірономід та деяких інших двокрилих. Усі вони мешкають як у водоймах, збагачених киснем, так і при дуже значному його дефіциті. У евриоксидних організмів нерідко має місце частковий перехід від аеробного обміну речовин до анаеробного. Так, деякі мешканці припливно-відпливної зони, що закопуються в ґрунт або ведуть прикріплений спосіб життя (двостулкові молюски, вусоні ракоподібні) під час відпливу переходять до анаеробного існування.

До стенооксидних належать гідробіонти або дуже чистих вод, які потребують значної кількості кисню, або ті, хто мешкають в забруднених водах при вмісті кисню в декілька десятків мг/л.

Вміст кисню при низьких температурах, як відомо, вищий, тому умови дихання в водоймах помірних та приполярних зон більш сприятливі, ніж в тропічній зоні. Можливо, що цей факт є однією з причин того, що населення холодних вод за чисельністю особин значно багатше, ніж населення тропіків.

Дихання у водних тварин здійснюється двома основними шляхами:

- усією поверхнею тіла через зовнішні покрови (так зване дифузне дихання);
- за допомогою спеціальних органів – зябер.

Нерідко ці два способи дихання комбінуються (наприклад, у амфібій, риб, деяких личинок комах). Спостерігається і проміжний між цими двома способами тип дихання - через кишечник (у малощетинкових червів, деяких ракоподібних і личинок комах).

Дихання усією поверхнею тіла - процес дуже повільний. Видатний гідробіолог Зернов порівнював таке дихання з вентиляцією домів тільки через стіни. Дифузне дихання можливе тільки у організмів, тіло котрих має велику питому поверхню: у всіх найпростіших, губок, багатьох червів, деяких молюсків, а також ряду членистоногих. Дихання усією поверхнею тіла широко розповсюджено у прикріплених тварин, обмін речовин котрих відбувається не так інтенсивно, як у організмів рухомих.

Спеціальні органи дихання - **зябра**. Вони розташовуються на передньому, задньому кінці, з боків, на спинній стороні, по всьому тілу. Часто зябра



знаходяться на кінцівках, наприклад, у ракоподібних на грудних або черевних кінцівках. Щоб процеси дихання відбувалися нормально, необхідне постійне оновлення води, яка омиває усе тіло тварини. У більшості водних тварин дихання поєднується з активним рухом.

Значна частина комах - вторинноводні організми (перейшли жити із суші у воду), які пристосувалися до водного дихання. Трахейна система у цих тварин закінчується трахейними зябрами.

У ряду найпростіших, губок, кишковопорожнинних та нижчих червів в тканинах мешкають рослинні організми. І тварина, і рослина мають від цього симбіозу взаємну користь: рослини використовують для живлення продукти обміну речовин тварин, а тварини споживають кисень, що виділяється водоростями в процесі фотосинтезу. Експериментально було доведено, що ці тварини в темряві споживають значно більше кисню, ніж на світлі, де кисень виділяється симбіотичними рослинами.

Більшість вторинноводних тварин (личинки комах, легеневі молоски, ссавці) дихають атмосферним повітрям. Періодично вони піднімаються до поверхні водойми і захоплюють повітря, необхідне для дихання. У комах, які дихають атмосферним повітрям, трахейна система відкрита і сполучається з оточуючим середовищем через спеціальні отвори - *дихальця або стигми*. Стигми часто розташовані на кінці довгих дихальних трубок, наприклад, у личинок комара *Culex* та мулової мухи. Зазвичай стигми оточені не змочуваними волосками, щетинками, виростами. Коли комаха піднімається до поверхні води, ці щетинки і волоски підхоплюються поверхневою плівкою, котра не дає комасі можливості випірнути і в той же час тримає стигми широко відкритими.

Одна частина комах, які мають відкриту трахейну систему, дихають безпосередньо атмосферним киснем (личинки двокрилих), інша частина (жуки, клопи), а також водяні павуки уносять із собою певний запас повітря, котрий потім поступово витрачається під водою.

У водних ссавців легені у порівнянні з наземними тваринами більш об'ємні, носові отвори, як правило, зсунуті далеко назад і вгору. Це дає можливість тваринам спокійно вбирати атмосферне повітря, не висовуючи з води голову. Водні ссавці можуть залишатися досить довго над водою, наприклад, кашалот - до 1 год.20 хвилин, а беззубі кити - 20-50 хвилин.

У наземних рослин газообмін здійснюється листками через отвори — продиhi, число котрих досягає 700 на 1 мм<sup>2</sup> листової поверхні. У занурених водних рослин (елодея, кушир, рдест) листки позбавлені продиhiв, але епідерміс дуже тоненький і є проникним для газів. Успішному газообміну цих рослин сприяє також збільшення листової поверхні.

Рослини з плаваючим листям (латаття, глечики, ряска, стрілолист) звичайно мають продиhi на верхньому боці листової пластинки. Кількість продиhiв у цих рослин дуже значна і іноді досягає 1300 на 1 мм<sup>2</sup> поверхні.



Ефективність гідробіонтів до газообміну досягається: збільшенням площі і газопроникності дихальних поверхонь; аерацією дихальних поверхонь.

Гідробіонти, які позбавлені спеціальних органів дихання, звичайно мають тіло з великою питомою поверхнею. Один з найпростіших шляхів її збільшення - зменшення розмірів тіла. Невеликі розміри характерні для найпростіших, коловороток, копепод, кліщів тощо. Ікринки у риб в озерах з пониженим вмістом кисню часто дрібніші, ніж у риб в озерах з більш сприятливими умовами для дихання.

Збільшення поверхні тіла часто досягається його сплюсненням, витягуванням, утворенням виростів тощо. З цим у великій степені пов'язаний гідроморфоз рослин, коли підводні листки розчленовані значно сильніше надводних, які знаходяться в більш сприятливих умовах для дихання.

Ступінь розвитку дихальних поверхонь часто залежить від респіраторних умов. Так, личинки одноденки *Vaetis*, які мешкають у непроточних водоймах, мають відносно більшу поверхню зябер, ніж одноденки, які мешкають у річках і струмках, де кисневі умови значно кращі. Іноді тварини самі активно збільшують дихальну поверхню за рахунок зміни форми тіла.

Наприклад, олігохети в несприятливих умовах дихання сильно витягуються у довжину, витончуються і завдяки цьому поверхня їхнього тіла збільшується. Гідри і актинії при нестачі кисню сильно витягують своє тіло і щупальця.

Ступінь розвитку дихальних поверхонь вище у більш активних форм. Наприклад, у активного плавця - оселедця *Menchadden* площа зябер на 1 кг маси = 16 дм<sup>2</sup>; у менш рухомого оселедця *Opsanus* - 3-4 дм<sup>2</sup>, у донної жаби-риби - всього 1,4 дм<sup>2</sup>.

Швидкість дифузії газів визначається не тільки величиною дихальної поверхні, але й товщиною покривів, через які відбувається газообмін. В силу цього витончення покривів дихальних поверхонь є однією з основних адаптацій до газообміну. Дуже тонкі покриви на зябрах, в легенях та інших спеціальних утвореннях, що функціонують як органи дихання. Якщо спеціальних органів дихання немає, то витончуються покриви всього тіла. Наприклад, у личинок комах ручейників, одноденок, хірономід та інших епікутикула, яка в найбільшій степені загальмовує газообмін, або не виражена зовсім, або є тільки на деяких ділянках тіла.

Аерація дихальних поверхонь досягається:

- вибором місця існування, де вода достатньо насичена киснем;
- періодичним оновленням води поблизу тіла.

У випадку різкого погіршення респіраторного середовища багато організмів переміщуються навіть у непридатній для них біотопі. Наприклад, інфузорія *Vorticella nebulifera* при дефіциті кисню утворює заднє кільце війок, відокремлюється від стебла і веде планктонний спосіб життя до тих пір, доки респіраторна обстановка у дна не покращиться.



Черви *Nereis*, личинки комара *Chironomus* та ряд інших тварин виповзають на поверхню ґрунту, коли респіраторні умови в його товщі різко погіршуються. Вибір місця з більш сприятливими умовами дихання спостерігається і у пелагічних тварин, коли вони залишають ділянки водойми з недостатньою концентрацією кисню.

Універсальна адаптація гідробіонтів до аерації дихальних поверхонь шляхом оновлення контактуючої з ними води. Це оновлення може забезпечуватися:

- природними токами води;
- переміщенням організмів в її товщі;
- завдяки спеціальним дихальним рухам.

Існування в проточній воді - найбільш економічний спосіб оновлення води навколо організму. Таким способом користуються мешканці річок - черві, личинки одноденок, веснянок та інші організми.

Оновлення води за рахунок поступальних рухів самого організму здійснюється рядом ракоподібних, найпростішими, черв'яками, личинками комах та багатьма іншими тваринами.

Зміна води біля поглинаючих кисень поверхонь зустрічається у представників усіх типів тварин. Дихальні рухи, які здійснюються усім тілом, притаманні багатьом черв'якам, личинкам комах і деяким риbam. Із зменшенням вмісту кисню у воді темп дихальних рухів зростає, що сприяє підтриманню необхідного рівня газообміну. Наприклад, личинки *Tubifex* не здійснюють дихальних рухів, коли концентрація кисню становить 5 мг/л, коли ж концентрація падає до 3-1 мг/л, то личинка здійснює 40-48 коливань за 1 хвилину.

У ряді випадків спостерігається аерація дихальних поверхонь газоподібним киснем з його захопленням з атмосфери, підлідних скупчень, повітроносних тканин рослин, із пухирців, що утворюються в товщі води.

Захоплення кисню із атмосфери здійснюється або шляхом періодичного спливання тварин до поверхні води, або висуванням у повітря спеціальних дихальних трубок. Спливання для захоплення кисню зустрічається у ряду комах та їх личинок, у молюсків, риб та багатьох інших тварин.

Газоподібним киснем гідробіонти можуть дихати не тільки на поверхні води, але і в її товщі. Так, павуки будують над водою дзвін і заповнюють його повітрям, що приноситься з поверхні. Знаходячись в такому дзвоні, павук довгий час може не спливати для дихання.

Багато тварин, які мешкають на дні, дихають атмосферним киснем не спливаючи до поверхні. Наприклад, черв'як *Alma emine*, який мешкає в мулі, позбавленому кисню, звичайно поглинає кисень заднім кінцем тіла із атмосфери. Личинки мухи-криски, які мешкають в мілких, дуже забруднених водоймах, виставляють над водою дихальну трубку до 5 см довжиною при довжині тварини 2 см. Довга дихальна трубка, з одного боку, дозволяє



личинкам існувати у воді, майже або повністю позбавленої кисню, а з іншого - не витрачати час на здобуття кисню спливанням.

Іноді тварини використовують кисень, який безпосередньо виділяється рослинами. Так, німфи бабок можуть загортатися в килим із нитчастих водоростей і поглинати кисень, що ними виділяється.

Багато гідробіонтів комбінують повітряне і водне дихання, що дозволяє їм мобільніше використовувати різні респіраторні ситуації. Наприклад, легеневі моллюски *Limnaea ovata*, які мешкають в умовах прибірного узбережжя, де вони не можуть спливати для забору повітря, наповнюють водою порожнину легень і переходять до водного дихання. Електричні вугри *Nurorotus*, захоплюючи в воді пухирці повітря, переміщують їх у зябра, таким чином додатково аеруючи зябра. В інших випадках пухирці повітря затримуються в ротовій порожнині і аерують її спеціалізовані ділянки з густою мережею капілярів. Багато сомів, в'юнів і деякі інші риби проштовхують повітря, що ковтнули, через кишечник, частина котрого спеціалізується для поглинання кисню.

Переважає більшість гідробіонтів з комбінованим диханням мешкає в тропічній та субтропічній зонах, де висока вологість повітря полегшує можливість перебування поза водою і вміст кисню дуже часто виявляється значно нижче нормального.

Енергійне споживання кисню водними організмами в процесі дихання, а також поглинання його при гнитті і розкладі органічних речовин може спричинити значне зменшення цього газу у водоймі. Виникнення дефіциту кисню нерідко спричиняє задуху. **ЗАДУХА** - це випадки масової загибелі населення водойм, спричинені нестачею або повною відсутністю кисню у воді. Автоматично із зменшенням у воді вмісту кисню збільшується вміст  $\text{CO}_2$ , сірководню, метану - отруйних для гідробіонтів.

Задухи спостерігаються у водоймах різного типу: в морях, озерах, ставах, річках. В одних водоймах задуха регулярно повторюється із року в рік, в інших - зустрічається рідко. Іноді задуха охоплює значні акваторії і спричиняє значних збитків рибацтву.

Під час задухи в першу чергу гинуть форми, менш стійкі до дефіциту кисню, потім більш витривалі і в решті решт найстійкіші, якщо катастрофічне погіршення умов дихання затягується на тривалий термін,

Задуха буває літньою і зимовою. *Літня* задуха звичайно співпадає з максимальним розвитком фітопланктону, тобто з періодом "цвітіння" водойми. В невеликих озерах та ставах, що добре прогріваються, літні замори настають як правило вночі і раптово. Вдень вода в таких водоймах буває перенасиченою киснем завдяки інтенсивному фотосинтезу рослин, а вночі вміст кисню різко падає, внаслідок чого і має місце задуха. Основна причина нічних задух - споживання великих кількостей кисню для дихання масою тварин, бактерій і водоростей.



Літні замори також мають місце і в деяких солонуватих водоймах, наприклад, Азовському та Балтійському морях. В Азовському морі задухи спостерігаються як правило з травня по серпень під час тихої погоди, коли із-за відсутності циркуляції води вміст кисню в товщі та особливо у дна падає до десятих часток мг в 1 літрі. Зниження концентрації кисню у дна спричиняється розкладом відмерлих тут водоростей.

Під час задух в масі гине риба та інші гідробіоти, зокрема моллюски. У берегів Перу раз в 11-12 років має місце масова загибель зоопланктону і риб внаслідок нестачі кисню, коли сюди починає підходити тепла екваторіальна течія Ель-Ніньйо.

*Зимові задухи* на відміну від літніх настають поступово. Основна їх причина — поглинання кисню при окисненні донних відкладів, збагачених органічними речовинами. Зимові замори звичайні у водоймах, дно котрих вкрите потужним шаром мулу. В більшості випадків задухи мають місце наприкінці зими і цілий ряд ознак засвідчують про її наближення. Вже при відносно невеликій нестачі кисню у воді до ополонки та інших джерел атмосферного кисню починають підходити водяні клопи: спочатку *Coixidae*, потім *Нера* і через декілька днів клопи-гладиші. Значно пізніше у ополонки заявляється риба. Більш витривалі до нестачі кисню водні жуки: вони підходять до джерел атмосферного кисню вже при сильній задусі. Усі перелічені комахи дихають атмосферним повітрям. Безперечно, що під час задухи зникає кисень не тільки розчинений у воді, але й знищуються і всі його підлідні скупчення.

Донні тварини більш пристосовані до існування в умовах дефіциту кисню і тому страждають під час задухи менше, ніж пелагічні форми.

Зимові задухи також виникають при сильному забрудненні водойм промисловими і комунально-побутовими стоками.

Зимові замори спостерігаються не тільки в стоячих водоймах, але й в річках. Наприклад, грандіозні за своїми масштабами щорічні зимові задухи в р. Об. Грунтові води, котрими вона живиться, містять дуже мало кисню і багато гумінових речовин із-за сильно заболоченої водозбірної площі. Коли після скресання річки атмосферна аерація води практично припиняється, невеликі кількості розчиненого кисню швидко витрачаються на окислення гумінових речовин, і виникає задуха. Вміст кисню під час задухи падає до 2-3% від нормального і багато гідробіотів, особливо риби, гинуть від асфікції.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Від чого залежить ступінь розчинності газів у воді?
2. Чи впливає на газовий режим водойм життєдіяльність організмів?
3. Що собою представляє процес дихання гідробіотів? Які групи аеробів Ви знаєте?



4. Назвіть основні шляхи дихання водних тварин.
5. Які Ви знаєте органи дихання водних тварин?
6. Як здійснюється газообмін у макрофітів?
7. Яким чином досягається ефективність газообміну у гідробіонтів?
8. Чи здатні гідробіонти комбінувати повітряне і водне дихання?
9. Які чинники можуть спричинити явище задухи? Які види задух існують?

### Блок 3. " Біологічна продуктивність водних екосистем"

#### Тема 1. Структура та функціональні особливості гідроекосистем

Популяції різних видів тісно взаємопов'язані не тільки між собою, але й з умовами середовища існування. Зокрема, вони вилучають з навколишнього природного середовища речовини, необхідні їм для підтримання нормальної життєдіяльності, та виділяють туди ж продукти обміну. Таким чином, угруповання організмів утворюють із фізичним середовищем певну систему – екосистему.

Поняття "екосистема" було введено в екологію англійським вченим А.Тенслі у 1935 році. А.Тенслі стверджував, що живі істоти неможливо розглядати окремо від умов середовища існування та вважав, що екосистеми – це одиниці природи на поверхні Землі, що можуть охоплювати будь-які ділянки біосфери.

За сучасними уявленнями *гідроекосистема* – це історично сформований комплекс живих істот, пов'язаних між собою трофічними зв'язками, та неживих компонентів середовища їх існування, які залучаються в процесі обміну речовин і енергії.

У 1940 році російський вчений В.М.Сукачов запропонував поняття "біогеоценоз" (трансформоване з розвитком гідробіології у гідробіоценоз) як сукупність гідробіоценозу та біотопу. **Біотоп** - це об'єм води, у якому підтримується однорідний набір організмів.

**Гідробіоценоз** (від грец. біос – життя та кайнос – загальний) – це історично сформоване угруповання популяцій водних організмів, які зв'язані між собою різноманітними взаємовідносинами та населяють певний біотоп.

Гідробіоценоз та екосистема – поняття подібні, але не тотожні. В обох випадках це взаємодіючі сукупності живих організмів і середовища, але екосистема – поняття безрозмірне. Акваріумне угруповання, болото, Світовий океан – усе це екосистеми. В той же час, гідробіоценоз, на відміну від екосистеми, є більш конкретним, територіальним поняттям. Іншими словами, гідробіоценоз – певний ранг екосистеми.



У кожній екосистемі є два основних компоненти: організми, з однієї сторони, і фактори неживої природи – з іншої. Тому виділяють біотичну та абіотичну частини гідроекосистеми (гідробіоценозу).

До складу абіотичної частини входять такі компоненти:

- **неорганічні сполуки** (вуглекислий газ, кисень, азот, вода, сірководень тощо), які включаються у **біогенну** (тобто за участю живих істот) **міграцію речовини**;
- **органічні сполуки** (відмерлі рештки рослин і тварин, продукти життєдіяльності організмів), які зв'язують між собою абіотичну та біотичну частини біогеоценозу;
- **мікроклімат** (середньорічна температура, вологість, рельєф місцевості тощо), який визначає умови існування організмів.

Біотичну частину біогеоценозу складають різні екологічні групи популяцій організмів, поєднані між собою трофічними та просторовими зв'язками:

- **продуценти** (від лат. producentis – той, що виробляє, створює) – популяції автотрофних організмів, здатних синтезувати органічні сполуки з неорганічних (водорості, зелені джгутикові, вищі рослини);
- **консументи** (від лат. consumo - споживаю) – популяції гетеротрофних організмів, які споживають інші організми або мертву органічну речовину (фітофаги, хижаки, паразити, сапротрофи);
- **редуценти** (від лат. reducentis – той, що повертає, відновлює) – популяції організмів, які живляться органічною речовиною залишків чи продуктів життєдіяльності організмів, розкладаючи її до простих неорганічних сполук (гриби, бактерії, тварини-детритофаги).

Функціонування будь-якої екосистеми (біоценозу) пов'язане з перетворенням енергії. Енергія витрачається живими організмами на процеси росту, розмноження, рухову активність і т.д.

Гідробіоценози є відкритими системами. Вони потребують постійного надходження речовини і енергії ззовні. Основним джерелом цієї енергії є сонячне світло, яке фотосинтезуючі організми вловлюють і перетворюють на енергію хімічну синтезованих органічних речовин. При цьому лише близько 1% світлової енергії, що падає на рослину, переходить в потенціальну енергію органічних речовин. Решта розсіюється у вигляді тепла. Коли тварини поїдають рослини, то більша частина енергії, що міститься в кормах, витрачається на різні процеси життєдіяльності, перетворюючись при цьому на тепло і розсіюючись. Лише 1/10 енергії кормів переходить у новозбудовану речовину тіла тварин. Те саме спостерігається при поїданні трав'янистих тварин хижакими.

Таким чином, в природі не існує такого виду організмів, який би не був пов'язаний з іншим. Живлячись за рахунок інших істот, організми отримують енергію. Внаслідок цього у природі виникають ланцюги живлення.

Ряди взаємопов'язаних видів, в яких кожний попередній є об'єктом живлення наступного, називають **ланцюгами живлення**. Кожний ланцюг



живлення складається з певної кількості ланок. Кількість ланок ланцюгів живлення обмежена і, як правило, не перевищує чотирьох – п'яти, оскільки при передаванні енергії з попередньої ланки до наступної більша частина її втрачається для організмів.

Будь-яка популяція організмів займає в ланцюзі живлення певне місце – **трофічний рівень**. На початку ланцюгів живлення завжди знаходяться продуценти. Рослиноїдні тварини займають наступний трофічний рівень (консументи I порядку), далі йде рівень хижаків (консументи II порядку) тощо.

Ланцюги живлення поділяються на 2 типи. Один тип ланцюгів живлення починається з рослин і йде до рослиноїдних тварин і далі до хижаків. Це так званий **ланцюг виїдання (пасовищний)**. Другий тип починається від рослинних і тваринних залишків, екскрементів тварин і йде до редуцентів. В результаті діяльності редуцентів утворюється напіврозкладена маса – детрит. Такий тип ланцюга живлення називається **детритним (розкладання)**.

У будь-якому гідробіоценозі різні ланцюги живлення не існують окремо один від одного, а взаємо переплетені, тому що один і той самий вид одночасно може бути ланкою різних ланцюгів живлення. Переплітаючись, ланцюги живлення формують **трофічну сітку**. Її існування забезпечує стійкість гідроекосистеми (гідробіоценозу), оскільки якщо змінюється чисельність популяцій певних видів, то легко змінюються кормові об'єкти і сумарна продуктивність біоценозу залишається сталою.

Трофічну структуру ланцюга живлення можна представити графічно у вигляді **екологічних пірамід**. Залежно від показника, покладеного в основу, розрізняють три основні типи екологічних пірамід:

- **піраміда чисел**, яка відображає чисельність окремих організмів на послідовних трофічних рівнях, причому з кожним наступним рівнем кількість особин зменшується;
- **піраміда біомаси**, яка відображає закономірності переходу маси органічної речовини з одного трофічного рівня на інший. На кожному наступному рівні біомаса особин зменшується.
- **піраміда енергії** відповідає величині потоку енергії на послідовних трофічних рівнях. Потік енергії зменшується при переході на наступний трофічний рівень.

Таким чином, для усіх трьох типів екологічних пірамід виконується правило екологічної піраміди: **на кожному попередньому трофічному рівні кількість біомаси та енергії, що запасуються організмами за одиницю часу, значно більша, ніж на наступних.**

Піраміди чисел і біомаси можуть бути оберненими (або частково оберненими), тобто основа піраміди може бути вужчою, ніж один або кілька верхніх поверхів. Так буває, коли середні розміри продуцентів менші, ніж розміри консументів.



Піраміда енергії не може бути оберненою, оскільки кожний наступний трофічний рівень існує тільки за рахунок енергії попереднього рівня.

Кожний біоценоз характеризується певною **продуктивністю**, яку виражають в одиницях маси або енергії. Розрізняють продуктивність **первинну** і **вторинну**, створену відповідно автотрофними та гетеротрофними організмами. При цьому продуценти значну частину синтезованої продукції (40 – 70% сумарної) споживають для забезпечення власних процесів життєдіяльності, а та, що залишилась, становить **чисту первинну продукцію** – приріст рослин за одиницю часу. Це той резерв, який можуть споживати консументи і редуценти. Отже, гетеротрофні організми існують завдяки чистій первинній продукції біогеоценозу.

Усі популяції організмів, які входять до складу певного гідробіоценозу, пов'язані між собою більш або менш тісними зв'язками, які забезпечують його існування. Зв'язки між популяціями можна поділити на антагоністичні, мутуалістичні та нейтральні.

При антагоністичних взаємозв'язках (конкуренція, аменсалізм, хижацтво, паразитизм) кожна із взаємодіючих популяцій зазнає негативного впливу іншої.

**Конкуренція** (від лат. *conspicere* – стикатись) - це взаємозв'язки між особинами популяції одного (внутрішньовидова) або різних (міжвидова) видів, за яких використання певного ресурсу навколишнього середовища одними із них зменшує його доступність для інших. Форми конкурентних взаємодій можуть бути найрізноманітнішими – від прямої боротьби до опосередкованого впливу (наприклад, спільне споживання певної їжі). Найгостріше конкуренція відбувається між особинами одного виду або різних видів з подібними екологічними потребами.

Існує **правило конкурентного виключення Гаузе**: популяції двох видів з однаковими екологічними потребами не можуть тривалий час існувати в одному гідробіоценозі: або один вид витіснить інший, або ж їхні екологічні ніші стануть менш подібними. Більш конкурентноспроможним, як правило, є той вид, який швидше пристосується до змін навколишнього середовища. Так в Україні останнім часом має місце витіснення широкопалого річкового раку довгопалом, який виявився витривалішим щодо зростаючого антропогенного впливу на річкові екосистеми: цей вид менш вибагливий до забруднення водойм, вмісту кисню у воді і плодючіший за широкопалого рака.

**Аменсалізм** – це одностороння негативна дія однієї популяції на іншу без будь-якої користі для себе. Наприклад, щорічно біля берегів Флориди під час “червоного припливу” гинуть мільйони риб від токсичних виділень червоних водоростей.

**Паразитизм** (від грец. *parasitos* – дармоїд) – форма співжиття двох організмів різних видів, коли один з них (паразит) живе за рахунок іншого (живителя).



**Хижактво** – це форма взаємовідносин між організмами різних видів, з яких один (хижак) поїдає іншого (жертва). З екологічної точки зору стосунки хижак – жертва є сприятливі для одного виду і несприятливі для іншого. Водночас обидва види формують такий спосіб життя і таке чисельне співвідношення, які врешті-решт забезпечать їм нормальне співіснування.

Особливістю хижацтва є те, що в цих стосунках один вид витрачає багато енергії і кмітливості, щоб схопити і з'їсти жертву, а інший вид – щоб втекти. Перший і другий у процесі тривалої еволюції екологічно адаптувалися: хижак розвинув такі якості, як гострота органів чуття, блискавична реакція і швидке плавання тощо, а жертва, в свою чергу – захисне забарвлення, панцирі, шипи, голки, отруйні викиди і т.д.

Співвідношення особин популяції хижака і жертви, як правило, є таким, що забезпечує безмежно тривале співіснування видів, а отже, і біологічну регуляцію популяцій. Хижаки є санітарами популяцій, якими вони живляться, регуляторами їх чисельності. Чисельність хижаків у десятки й сотні разів менша, ніж їх жертв. При відсутності хижака відбувається різке збільшення чисельності деяких популяцій, яке часто має форму вибуху.

Виділяють чотири фактори, які сприяють стабілізації стосунків хижак – жертва :

- 1 – неефективність хижака (або втеча жертви);
- 2 – екологічні обмеження, які накладаються зовнішнім середовищем на ту чи іншу популяцію;
- 3 – наявність у хижака альтернативних кормових ресурсів;
- 4 – зменшення запізнь у реакції хижака.

При **мутуалістичних** взаємозв'язках (мутуалізм, коменсалізм, протокооперація) кожен із взаємодіючих видів дістає певну користь.

**Мутуалізм** – форма взаємовигідного симбіозу організмів різних видів, при якій існування обох партнерів або одного з них неможливе без взаємозалежного співжиття. Наприклад, співжиття гриба і водорості в лишайниках.

**Коменсалізм** - особлива форма взаємин між двома видами, коли один із них (коменсал) користується якимись перевагами за рахунок іншого, не завдаючи йому прямої шкоди. Коменсал може використовувати хазяїна як місце існування, засіб пересування або живитися рештками його їжі. Прикладом коменсалів можуть слугувати веслоногі рачки *Serpuliduoła* в трубках черв'яків поліхет. Рачки живляться секретом епідермальних залоз і фекальними грудочками черв'яків, не завдаючи їм шкоди.

**Протокооперація** - це симбіотичні зв'язки організмів двох видів, при яких спільне існування не обов'язкове, але вигідне для обох видів. Наприклад, у черепашці рака самітника *Prida* оселяються черв'яки *Nereis*, які звільняють м'яке черево рака від паразитів.

При нейтральних взаємозв'язках існування двох популяцій різних видів на спільній території не спричиняє для кожної з них ніяких наслідків.



**Нейтралізм** – форма співіснування популяцій двох видів, за якої жоден із них не відчуває на собі безпосереднього негативного або позитивного впливу іншого. Наприклад, хижаки, які живляться різними видами здобичі, не конкурують між собою, однак стан їх популяцій опосередковано залежить від стану популяцій рослин, якими живиться здобич.

Отже, між популяціями різних видів, які входять до складу певного гідробіоценозу, виникають складні і різноманітні взаємозв'язки, які можуть бути більш або менш тісними. Їхня сукупність забезпечує функціонування гідробіоценозу як єдиної цілісної системи та його саморегуляцію. Чим різноманітніші й розгалуженіші ці взаємозв'язки, тим стабільніший біогеоценоз. Таким чином, рівень видової різноманітності прямо визначає рівень гомеостазу гідробіоценозу.

Не зважаючи на те, що гідроекосистеми (гідробіоценози) певною мірою здатні до підтримання гомеостазу, в них можуть відбуватися циклічні або поступальні зміни.

**Циклічні зміни** - це результат пристосувань екосистем до періодичних (добових, сезонних, річних) змін навколишнього середовища. В основі цього явища лежать адаптації популяцій окремих видів, які можуть проявлятися як періодичні зміни густоти окремих популяцій; як зміни вікової структури популяцій або періодичні зміни активності особин різних популяцій тощо.

**Поступальні зміни** відбуваються під час відновлення зруйнованих екосистем. Спричинюють ці зміни процеси, які відбуваються всередині екосистем.

Спрямовані послідовні зміни одних угруповань іншими називають **сукцесією** (від лат. *successio* – послідовність, зміна).

Угруповання організмів, які існують на початкових етапах сукцесії, мають незначне видове різноманіття, слабо розгалужену трофічну сітку, різкі коливання чисельності та густоти окремих популяцій, низьку здатність підтримувати гомеостаз. Тому вони швидко заміщуються стійкішими угрупованнями. Цей процес триває, аж поки не сформується екосистема із максимально можливим у даних умовах ступенем стійкості.

Крім впливу зовнішніх факторів причиною сукцесії може бути неповнота кругообігу речовин. Унаслідок процесів життєдіяльності кожен організм змінює навколишнє середовище, бо забирає з нього певні речовини і виділяє туди продукти обміну речовин. Внаслідок неповноти кругообігу речовин у екосистемі накопичується значна маса не перероблених консументами і редуцентами решток організмів і продуктів їхньої життєдіяльності. Ця кормова база створює умови для інтродукції (вселення) в неї нових видів.

Під час сукцесії збільшується видове різноманіття, одні види заміщуються іншими, більш конкурентноспроможними в даних умовах. Внаслідок цього підвищується стійкість гідроекосистем (гідробіоценозів), їхня здатність до саморегулювання. Види, які беруть участь у процесі сукцесії, не лише пристосовуються до умов існування, але й самі здатні їх змінювати.



Сукцесії характеризуються певними закономірностями:

- 1 – процес сукцесії відбувається в одному напрямку: він не може зупинитись на певному етапі і повернутися до вихідного стану;
- 2 – під час сукцесії зростає видове різноманіття організмів; розгалужується трофічна сітка;
- 3 – споживається все більша частка первинної продукції.

Процес сукцесії триває, аж поки екосистема не досягне значної видової різноманітності, що дає змогу стабілізувати кругообіг речовин і перетворення енергії. При цьому вселення нових видів або зникнення тих, які існували раніше, не спричинюватимуть змін середовища існування. Звичайно в зрілій екосистемі можуть відбуватися певні зміни, але істотно на умови існування вони не впливатимуть.

Під час сукцесії поступово уповільнюються темпи приросту біомаси. Ускладнення трофічних зв'язків між компонентами зрілої екосистеми, яке проявляється в розгалуженні трофічної сітки, призводить до споживання гетеротрофними організмами майже усієї чистої первинної продукції.

Таким чином, сукцесії сприяють формуванню зрілих (*клімакських*) екосистем із розвиненими механізмами саморегуляції і здатністю до самовідтворення.

### ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що називають гідроекосистемою? Що таке гідробіоценоз?
2. Які відмінності між гідроекосистемою і гідробіоценозом?
3. Якою є структура водних екосистем?
4. Яким чином відбувається перетворення енергії в гідроекосистемах?
5. Які типи ланцюгів живлення існують? Чим вони відрізняються?
6. Які типи екологічних пірамід Вам відомі? Які з них можуть бути оберненими і чому?
7. Дайте характеристику антагоністичних міжпопуляційних взаємозв'язків.
8. Охарактеризуйте позитивні міжпопуляційні взаємозв'язки.
9. Що таке екологічна сукцесія?

### Тема 2. Відтворення біологічних ресурсів гідросфери

В результаті росту і розмноження гідробіонтів у водоймах відбувається безперервне новоутворення біомаси. Це екосистемне явище називають **біологічною продуктивністю**, сам процес новоутворення біомаси – **біологічним продукуванням**, а новоутворену біомасу – **біологічною продукцією**.



У біологічну продукцію не включають ту органічну речовину, яка утворюється гідробіонтами, але в них не нагромаджується (продукти розкладу, прижиттєві виділення тощо). Таким чином, біологічна продукція – це тільки частина біоорганічної продукції, всієї органічної речовини, створеної організмами в процесі своєї життєдіяльності. Синтезована, але не акумульована в гідробіонтах органічна речовина, нагромаджуючись у воді, суттєво підвищує біоенергетичний потенціал екосистеми.

Біопродуктивність екосистем реалізується в формі утворення організмів, корисних, нейтральних або шкідливих для людини. Розрізняють продукцію первинну і вторинну. **Первинна продукція** уявляє собою результат біосинтезу органічної речовини із неорганічної в процесі життєдіяльності гідробіонтів - автотрофів. **Вторинна** продукція утворюється в процесі трансформації вже синтезованої органічної речовини організмами - гетеротрофами.

Біопродуктивність – властивість екосистем, що проявляється в тій чи іншій формі в залежності від особливостей біотопу і біоценозу (подібно до того, як продуктивність сільськогосподарських угідь залежить, з одного боку, від особливостей ґрунту і клімату, а з іншого – від урожайності культури, що вирощується, біологічних особливостей об'єктів, що культивуються).

Біопродуктивність водних екосистем можна розглядати в 2-х аспектах:

- природному (біосферному);
- соціально-економічному.

У першому випадку результати продукування оцінюють як одну з особливостей кругообігу речовин в екосистемі. З соціально-економічної точки зору біопродуктивність характеризується величиною вилову гідробіонтів, що використовуються людиною. У цьому випадку продуктивність визначається як властивостями самих екосистем, що експлуатуються, так і формою їх господарського освоєння. Наприклад, одне й те ж саме озеро може бути високопродуктивним, якщо обловлюється раціонально, менш продуктивним, при погіршенні організації промислу, і зовсім непродуктивним, коли промисел відсутній. Тобто, враховуючи соціально-економічний аспект, можна говорити про **біогосподарську продукцію** – *біомасу організмів, що мають промислове значення*. Відповідно, біогосподарська продукція залежить від:

- величини вилову;
- від цінності різних гідробіонтів.

Треба зазначити, що біологічна продуктивність визначається не тільки абсолютними якостями водних організмів, але й відбиває еволюцію потреб людини і можливостей їх задоволення, причому для різних народів у відповідності до національних особливостей одні й ті ж самі гідробіонти можуть мати різну цінність.

*Організми, що є об'єктами промислу, утворюють біологічні ресурси* водойм. Біоресурси – поняття соціальне, яке відбиває ставлення людини до



окремих рослин і тварин як до можливих предметів праці. У історичному процесі становлення природи для людини все більша кількість гідробіонтів залучається до сфери виробництва і стає біоресурсами людей.

Освоюючи водойми в промисловому відношенні, людина прагне отримати з них якомога більше біопродуктів, подібно до того як вона намагається найбільш повно використати природні біотичні багатства суші (організувати полювання або збір корисних рослин).

Зростаюча технічна озброєність людей робить реальним перенесення на водойм тих принципів господарювання, які склалися в процесі освоєння суші і дозволили отримувати з неї біопродуктів у сотні і тисячі разів більше, ніж вона давала в природному стані. Промисел гідробіонтів усе більше доповнюється їх розведенням, виникає нова галузь народного господарства – аквакультура, що здійснюється як на прісних водоймах, так і на морях.

Треба зазначити, що аквакультура не є аналогом агрокультури, тому що на відміну від неї орієнтована в основному на отримання продуктів не рослинного, а тваринного походження. У більшій степені аквакультура подібна до пасовищного тваринництва, яке поєднує підвищення урожайності пасовищ з покращенням використання їх продукції.

Новоутворення органічної речовини з мінеральних уявляє собою основу усіх продукційних процесів, що відбуваються у водоймах. Тому вірне уявлення про величину первинної продукції і факторах, що її обумовлюють, важливі як одна з основних передумов раціонального пошуку шляхів підвищення біопродуктивності водойм. Вивчення процесів утворення первинної продукції має і самостійне значення:

- водні рослини є промисловими об'єктами;
- під час бурхливого розвитку водні рослини сильно ускладнюють експлуатацію водойм і виникає необхідність у розробці спеціальних заходів для боротьби з ними;
- утворення кисню в процесі первинного продукування має величезне значення для аерації водойм, формування якості питних вод і посилення самоочисної здатності водойм.

Первинна продукція водойм, поверхня яких освітлюється приблизно однаково, може різнитися в десятки і сотні разів. Вона залежить від:

- видового складу рослин у водоймі;
- кількості рослин і їх розподілу в товщі води;
- оптичних властивостей води;
- концентрації біогенів;
- температури води.

З просуванням в глибину в різних водоймах умови освітлення погіршуються неоднаково залежно від прозорості води. У Світовому океані понад 75% первинної продукції створюється в поверхневому шарі товщиною 40 – 50 м, де освітленість складає не менше 400 Лк, глибше 100-200 м із-за



світлового голодування водоростей первинна продукція фотосинтетиків практично дорівнює нулю.

Із-за збільшення концентрації водоростей величина первинної продукції звичайно зростає, але не лінійно, а по згасаючій кривій, поступово наближаючись до певної межі. Це в першу чергу пов'язано із самозатінненням водоростей при їх високій концентрації.

Величезний вплив на ефективність первинного продукування має забезпеченість водоростей біогенами. З відхиленням їх концентрацій від оптимальної темп продукування починає знижуватись аналогічно тому, як це відбувається при світловому голодуванні. З дефіцитом азоту і фосфору зокрема, пов'язана оліготрофність цілого ряду районів світового океану. Первинна продукція ставів та інших водойм звичайно різко зростає після внесення солей фосфору і азоту.

Розглянемо **методи визначення первинної продукції**. Мірою величини продукції фотосинтезу служить швидкість утворення органічної речовини в процесі фотосинтезу. Одночасно з фотосинтезом відбувається і дихання рослин, в процесі якого органічна речовина руйнується, споживається кисень і виділяється вуглекислий газ. У темряві фотосинтез припиняється, тобто не відбувається поглинання  $\text{CO}_2$ , виділення вільного кисню і утворення органічної речовини. Дихання продовжується і в темряві, з тією ж швидкістю, що і на світлі. Тому шляхом порівняння результатів двох процесів життєдіяльності водних організмів – фотосинтезу і дихання в денний і нічний час – можна отримати уявлення про величину первинної продукції.

Розрізняють валову і чисту первинну продукцію. **Під валовою первинною продукцією** розуміють усю органічну речовину, що утворюється в процесі фотосинтезу. **Чиста продукція** дорівнює валовій за відрахуванням тієї її частини, що витрачається на дихання рослин.

Інтенсивність фотосинтезу вираховується за кількістю кисню, що виділився, або за кількістю синтезованої органічної речовини (вуглецю). На основі цих показників розроблені 2 основні методи, якими користуються при визначенні первинної продукції:

- кисневий
- радіовуглецевий.

**Кисневий метод** відрізняється простотою і зручністю використання у польових умовах, тому його частіше використовують. Сутність цього метода зводиться до наступного. У водоймі, що вивчається, батометром відбирають з різних глибин воду. Об'єм склянок в залежності від ступеня розвитку фітопланктону коливається від 60 до 500 мл. Якщо в евтрофних водоймах користуються склянками об'ємом 60-100 мл, то в оліготрофних – відповідно склянками об'ємом 250-500 мл. "Темрява" в склянках досягається обертанням їх фольгою або чорною щільною матерією. За допомогою різних пристосувань (штатив, кільця) склянки підвішують на тросі на відповідних



глибинах. Тривалість перебування склянок у водоймі звичайно дорівнює 24 години. При цьому враховується те, що на протязі доби починаються і закінчуються циклічні зміни освітлення та інших умов.

Різниця між вмістом кисню в світлій і затемненій склянках після експозиції показує величину фотосинтезу фітопланктону. Первинну продукцію в мг O<sub>2</sub> /л год розраховують за формулами:

$$\text{валова продукція } P_{\text{вал}} = V_c - V_T / t \quad (3.1)$$

$$\text{чиста продукція } P_{\text{чист}} = V_c - V_c^n / t \quad (3.2)$$

$$\text{деструкція } D = V_c^n - V_T / t \quad (3.3)$$

У Світовому океані величина первинного продукування в різних ділянках коливається від декількох мг до десятих часток граму вуглецю за день на 1 м<sup>2</sup> і в основному обумовлюється ступенем перемішування вод (виніс в поверхневий шар біогенів). За продуктивністю виділяють три зони Світового океану:

- відкрита зона;
- прибережні води;
- апвелінг.

Чиста продукція цих вод в середньому складає відповідно 50, 100 та 300 г вуглецю/ м<sup>2</sup> за рік. Валова ж продукція (первинна) Світового океану за оцінками різних авторів складає 60-70 млрд. тон вуглецю.

Помітно вище, ніж у Світовому океані, темп продукування органічної речовини в континентальних водоймах, особливо в озерах. В евтрофних озерах світу середньодобова чиста продукція складає 600-800 мг С/ м<sup>2</sup>; в мезотрофних – 250-500, в оліготрофних - 50-300. Високий рівень первинного продукування в континентальних водоймах пояснюється більшим надходженням біогенів з суші і перемішуванням вод. Завдяки циркуляції, що часто охоплює в ті чи інші строки водну масу озер, відбувається значна мобілізація біогенів донних відкладів. Тому взаємодія між водною товщею і донними відкладами в озерах набагато інтенсивніша, ніж у Світовому океані і є додатковим фактором, що сприяє існуванню фітопланктону і збільшенню його продукції. В дуже глибоких озерах первинна продукція стає значно меншою, особливо якщо поверхневий стік у порівнянні з усією водною масою озера незначний.

З розвитком цивілізації і розширенням технічних можливостей гідросфера освоюється усе інтенсивніше. Цей процес здійснюється різними шляхами. Перш за все, до освоєння малих водойм додається експлуатація більш крупних. Другий шлях – посилення експлуатації тих біоресурсів, що є "дарунком природи", за рахунок удосконалення техніки лову і розширення асортименту об'єктів, що виловлюються. Третій шлях – охорона природного відтворення біоресурсів і здійснення ряду заходів, які підвищують ефективність. Четвертий – перетворення водойм в угіддя, що культурно обробляються і на які поширюються принципи, що використовуються у сільському господарстві.



У вузькому розумінні слова **аквакультура** – це промислове вирощування гідробіонтів за певною технологічною схемою з контролем над усіма ланками процесу. Якщо мова іде про вирощування морських організмів, то говорять про **марікультуру**. Розведення прісноводних гідробіонтів – **лімнокультура**. У широкому розумінні слова під аквакультурою розуміють господарювання на водоймах з метою підвищення їх продуктивності.

Існують 2 принципи ведення аквакультури:

- максимальне використання водойм як господарських угідь.

Це досягається за рахунок стимуляції первинного продукування і управління екосистемними процесами з метою отримання з одиниці площі максимальної продукції. Досягти підвищення первинної продукції можна шляхом внесення мінеральних добрив.

- використання води як середовища для вирощування господарсько цінних об'єктів за рахунок відгодівлі їх малоцінними продуктами.

Згідно першого принципу відбувається новоутворення біологічної сировини, а другого – трансформація одного виду в інший з програванням в кількості і вирашем у якості. На практиці ці два принципи дуже часто виступають у поєднанні.

Формами аквакультури є :

- рибництво в озерах і водосховищах;
- ставкове рибництво;
- садкове й басейнове вирощування риб;
- устричні і мідієві господарства;
- культивування ракоподібних, водоростей та інших гідробіонтів.

**Ставкове рибництво** – це історично найдавніша і більш детально розроблена форма аквакультури, при якій риборозведення здійснюється в штучно споруджених водоймах з постійним контролем за складом іхтіофауни. У ставки запускають молодь вирощуваних риб і контролюють процес їх росту. Їжею риб, з одного боку, є планктон і бентос, а з іншого – штучні корми, що вносяться до водойми. Ставки облаштовують спускними, що дозволяє повністю відловлювати вирощувану рибу і полегшує догляд за водоймою.

Для товарного вирощування в ставках використовують багаточисельні породи коропа, форель, товстолобик, тіляпії, буффало та інші. Вирощування ведуть:

- 1 – у монокультурі, коли ставки зариблюють молоддю одного виду;
- 2 – у полікультурі, за рахунок спільного утримання різних видів риб.

За способом організації розрізняють ставкові господарства:

- повносистемні
- не повносистемні.

У перших риба вирощується від ікринки до товарної продукції, в других – здійснюється тільки частина цього виробничого процесу: або вирощування



посадкового матеріалу (риборозплідники), або вирощування товарної риби із завезеного посадкового матеріалу. У нашій країні більше поширені другі.

За складом риб, що вирощуються, ставкові господарства поділяються на:

- тепловодні (короп, товстолобик);
- холодноводні (форель).

У залежності від типу ставкового господарства, складу вирощуваної риби, кліматичної зони час, необхідний для отримання товарної продукції, неоднаковий. Так, в Україні в ставкових господарствах переважають 2-х річні обороти.

Процес вирощування товарної риби забезпечується використанням ставків різного типу. У відносно глибоких маточкових ставах містяться плідники вирощуваного виду риби і ремонтний молодняк, тобто особини, що залишені для поповнення стада плідників. Навесні плідників пересаджують у неглибокі нерестові стави, отримують від них статеві продукти, штучно запліднюють ікру і інкубують її в спеціальних апаратах. Личинок, що з'явилися, випускають у малькові стави. На зиму зрослу у малькових ставах молодь пересаджують у глибокі зимувальні стави і навесні використовують у якості посадкового матеріалу для зариблення нагульних ставів, де вирощуються до товарного стандарту.

Рибопродуктивність ставів визначається тим, наскільки близькі до оптимальних абіотичні та біотичні параметри створюваних екосистем. З абіотичних факторів найсуттєвішими є температурний і кисневий режими, які в певній мірі контролюються конструкцією ставів і організацією їх водопостачання. З біологічних факторів найбільше значення має трофічний, включаючи хижаків, паразитів та харчових конкурентів.

Покращення трофічних умов найбільш ефективно досягається удобренням ставів. Внесення біогенів стимулює первинне продукування, посилюючи здатність екосистеми зв'язувати більшу кількість сонячної енергії і тим самим збільшувати її трофічний потенціал. Внесення органічних добрив уявляє собою введення до екосистеми вже зв'язаної енергії і в широкому екологічному плані менш перспективне, хоча в багатьох випадках дає високий господарський ефект.

#### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Що називають біопродукцією, біопродуктивністю та біологічними ресурсами?
2. В яких аспектах можна розглядати біопродуктивність водних екосистем?
3. Що собою уявляє первинна та вторинна біологічна продукція?
4. Яке значення має первинне продукування органічної речовини у водоймах?



5. Які Ви знаєте методи визначення величини первинної продукції? В чому їх суть?
6. Порівняйте темпи продукування біологічної продукції в океанах і морях та прісноводних водних об'єктах.
7. Поняття аквакультури. Принципи ведення аквакультури.
8. Організація ставкового рибництва в Україні.

### 3. ПЛАНИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

#### Блок 1. Гідробіологія як наука

##### Практичне заняття 1. Методика відбору гідробіологічних проб води (2 год.)

1. Відбір якісних та кількісних проб фітопланктону.
2. Відбір проб на зоопланктон.
3. Відбір кількісних проб зообентосу на середніх і малих річках, водоймах.
4. Відбір якісних проб зообентосу.

Рекомендована література: [ 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 14 ]

##### Практичне заняття 2. Біологічний аналіз якості вод (2 год.)

1. Історія становлення біологічного аналізу якості вод.
2. Групи гідробіонтів - антагоністів Меца.
3. Класична система сапробності Кольквітця-Марссона.

Рекомендована література: [ 1, 2, 3, 5, 13, 14 ]

#### Блок 2. Екологічні основи життєдіяльності гідробіонтів

##### Практичне заняття 1. Кисень як показник санітарного стану водойм (2 год.)

1. Значення кисню в житті гідробіонтів.
2. Сутність методики Вінклера по визначенню вмісту розчиненого у воді кисню.
3. Методика відбору проб для визначення розчиненого у воді кисню.
4. Нормативи по вмісту розчиненого кисню в питній воді та водах природних водних об'єктів.

Рекомендована література : [ 3, 5, 10 ]

##### Практичне заняття 2. Індикаторні організми та зони сапробності (2 год.)

1. Значення гідробіонтів різних життєвих форм у біоіндикації екологічного стану водних об'єктів.
2. Характеристика зон сапробності.

Рекомендована література: [ 1, 2, 3, 5, 13, 14 ]

#### Блок 3. Біологічна продуктивність водних екосистем

##### Практичне заняття 1. Індекс сапробності Пантле – Букка (2 год.)

1. Індекс сапробності Пантле-Букка по фітопланктону (зоопланктону).



2. Індекс сапробності Пантле-Букка за пробою перифітону.

Рекомендована література: [ 2, 3, 5, 6, 13 ]

**Практичне заняття 2. Індеси сапробності Вудівісса, Гуднайта-Уітлея**  
(2 год.)

1. Біоіндикація водотоків за індексом Вудівісса.
2. Оцінка ступеня забруднення водних об'єктів за індексом Гуднайта-Уітлея.

Рекомендована література : [ 2, 3, 5, 6, 13 ]

**Практичне заняття 3. Комплексний екологічний індекс Іе** (2 год.)

1. Оцінка якості води водних об'єктів за комплексним екологічним індексом.
2. Розрахунок блочних індексів за гідрохімічними, гідробіологічними та токсикологічними показниками.

Рекомендована література : [ 3, 5 ]

#### 4. КОНТРОЛЬНА ТЕСТОВА ПРОГРАМА

##### Блок 1. Гідробіологія як наука

**1. Гідробіологія як наука вивчає:**

- а) взаємодію гідробіонтів між собою
- б) взаємодію гідробіонтів між собою і неживою природою
- в) взаємодію гідробіонтів з абіотичними факторами середовища

**2. Термін "гідробіологія" має латинське походження?**

- а) так
- б) ні

**3. Екологічна валентність виду – це:**

- а) межі мінливості окремих елементів середовища
- б) межі витривалості виду
- в) межі оптимальних значень екологічного фактору

**4. До числа абіотичних факторів, що впливають на формування якості води належать:**

- а) атмосферні опади
- б) кислотні дощі
- в) азотфіксація

**5. Солонуваті води мають солоність:**

- а) 30 – 40%
- б) 0,5 – 30%
- в) понад 40%

**6. Предмет науки гідробіології полягає в:**

- а) вивченні видового різноманіття біоти гідросфери
- б) оптимізації експлуатації водних екосистем
- в) біологічному вивченні гідросфери з метою її охорони

**7. Біотоп – це:**

- а) область існування одного виду гідробіонтів
- б) ділянка бенталі водного об'єкту
- в) об'єм води, в якому мешкають різні види гідробіонтів



- 8. Найменша екологічна валентність у гідробіонтів як правило спостерігається:**
- а) на ранніх стадіях розвитку
  - б) у особин старших вікових груп
  - в) при інтенсивному забрудненні водойм
- 9. Більшу стійкість до температурних коливань будуть мати гідробіонти:**
- а) мешканці бенталі
  - б) мешканці відкритої зони водойм
  - в) мешканці прибережної зони водойм
- 10. Основна маса органіки, розчиненої у воді, споживається:**
- а) більшістю гідробіонтів
  - б) грибами, бактеріями
  - в) виключно автотрофами
- 11. Іони мінеральних солей необхідні гідробіонтам для:**
- а) будівництва черепашок
  - б) забезпечення процесів біосинтезу
  - в) нормальної роботи травної системи
- 12. Джерельні води часто позбавлені гідробіонтів внаслідок:**
- а) відсутності поживних елементів
  - б) високої концентрації вугільної кислоти
  - в) перенасичення киснем
- 13. Перша морська біологічна станція була створена в:**
- а) Росії
  - б) Англії
  - в) Німеччині
- 14. Екологічні фактори – це:**
- а) елементи середовища, що безпосередньо впливають на існування гідробіонтів
  - б) елементи середовища, що визначають потреби гідробіонтів у забезпеченні їх нормальної життєдіяльності
  - в) елементи неживої природи
- 15. Евритермні гідробіонти:**
- а) уникають впливу екстремальних температур
  - б) виробляють спеціальні адаптації
  - в) впадають в стан анабіозу
- 16. За класифікацією, прийнятою країнами-членами РЕВ, природні води поділяються на 5 класів якості:**
- а) так
  - б) ні
- 17. Становлення гідробіології як самостійної науки відноситься до:**
- а) середини XX ст.
  - б) середини XIX ст.
  - в) початку XX ст.



**18. Засновником гідробіології є Е. Геккель:**

- а) так
- б) ні

**19. Мета створення спеціальних біологічних станцій на водоймах:**

- а) рибогосподарське освоєння водойм
- б) вивчення запасів промислових гідробіонтів
- в) вивчення життя морських і континентальних водних об'єктів

**20. Якість води – це:**

- а) комплексна характеристика стану водного об'єкту
- б) характеристика складу і властивостей води водного об'єкту з метою її подальшого водокористування
- в) характеристика біологічної повноцінності води водного об'єкту

**Блок 2. Екологічні основи життєдіяльності гідробіонтів**

**1. Найбільш інтенсивно поглинаються водним середовищем:**

- а) інфрачервоні промені
- б) фіолетові промені
- в) ультрафіолетові промені

**2. Активна зміна забарвлення гідробіонтів регулюється:**

- а) дихальною системою
- б) нервовою системою
- в) ендокринною системою

**3. Від гостроти зору риб залежить:**

- а) сприйняття забарвлення знарядь лову
- б) пошук їжі
- в) рух на світло

**4. Здатність до активної зміни забарвлення у гідробіонтів досягається завдяки:**

- а) зміні форми пігментних клітин
- б) зміні кількості клітин, що містять різні пігменти
- в) зміні розподілення пігменту всередині клітини

**5. У більшості світних гідробіонтів процес світіння відбувається:**

- а) за відсутності кисню
- б) у присутності кисню
- в) в аеробних та анаеробних умовах

**6. Чи можуть тварини використовувати кисень, який безпосередньо виділяється рослинами, для дихання?**



а) так  
б) ні

**7. Межею масового розповсюдження рослин у морях є глибина:**

- а) 300 м
- б) 100 м
- в) 200 м

**8. У високоорганізованих гідробіонтів світні органи представлені:**

- а) хроматофорами
- б) фотофорами
- в) рефлектофорами

**9. Поглинання рослинами  $\text{CO}_2$  зумовлює:**

- а) підлогування води
- б) підкислення води
- в) нейтральну реакцію

**10. Перехід від аеробного до анаеробного дихання має місце у:**

- а) евриоксидних форм
- б) стенооксидних форм

**11. Дифузний тип дихання притаманний:**

- а) гідробіонтам з малою питомою поверхнею тіла
- б) гідробіонтам з великою питомою поверхнею тіла

**12. Із підвищенням температури води стійкість гідробіонтів до коливань солоності :**

- а) збільшується
- б) зменшується
- в) не змінюється

**13. Чи залежить ступінь розвитку дихальних поверхонь від рухової активності гідробіонтів?**

- а) так
- б) ні

**14. Які сонячні промені мають найбільше значення в процесах нагрівання води водних об'єктів?**

- а) довгохвильові
- б) короткохвильові

**15. Величина рН в природних водоймах залежить від:**

- а) фізичних факторів



- б) біологічних факторів
- в) фізико-хімічних факторів

**16. У морях активна реакція середовища:**

- а) слабо лужна
- б) слабо кисла
- в) нейтральна

**17. До біполярних форм належать:**

- а) морські черепахи
- б) морські котики
- в) анчоуси

**18. Чи залежить хімічний склад гідробіонтів від того, в яких широтах вони мешкають?**

- а) так
- б) ні

**19. Розподілення тепла у водоймах відбувається завдяки:**

- а) теплопровідності води
- б) вертикальної циркуляції
- в) течії

**20. Галоксени – це:**

- а) організми, які є мешканцями тільки ультрагалінних водойм
- б) евригалінні солелюбні організми
- в) евригалінні прісноводні організми

**Блок 3. Біологічна продуктивність водних екосистем**

**1. Консументи – це:**

- а) організми, які отримують енергію для життя за рахунок споживання органічної речовини, синтезованої іншими організмами – рослинами чи тваринами
- б) організми, які синтезують органічну речовину за рахунок сонячної енергії або хімічних реакцій з вуглекислоти, води й мінеральних солей
- в) організми, клітини яких не містять ядра

**2. Що таке гомеостаз?**

- а) стан динамічної рівноваги природної системи, що підтримується постійною саморегуляцією у всіх її ланках
- б) оптимальна чисельність популяції гідробіонтів
- в) стабільність, бажання зберегти сталими параметри угруповання гідробіонтів



**3. Водна екосистема – це:**

- а) сукупність популяцій, що населяють певний біотоп і характеризуються певними взаємозв'язками між собою
- б) сукупність організмів одного виду в певному об'ємі води, що характеризуються певними взаємозв'язками між собою
- в) сукупність живих і неживих компонентів водного об'єкту, пов'язаних між собою обміном речовин і енергії

**4. Біологічні ресурси водойм – це:**

- а) біомаса гідробіонтів водного об'єкту
- б) сукупність організмів, які є об'єктами промислу
- в) величина вилову гідробіонтів

**5. Основна умова сукцесії водних екосистем – це:**

- а) зменшення тривалості життєвих циклів гідробіонтів
- б) спрощення трофічної структури
- в) модифікація середовища

**6. Коменсалізм – це:**

- а) одностороння негативна дія однієї популяції на іншу
- б) один із проявів боротьби за існування
- в) живлення одного організму за рахунок іншого, не завдаючи йому прямої шкоди

**7. Біологічне продукування – це:**

- а) процес новоутворення біомаси
- б) новоутворена біомаса
- в) акумульована в гідробіонтах органічна речовина

**8. Первинна продукція – це:**

- а) органічна речовина, створена гідробіонтами - автотрофами
- б) трансформована органічна речовина
- в) результат біосинтезу органічної речовини із неорганічної

**9. Роль міжвидової конкуренції полягає в:**

- а) встановленні чіткої ієрархії видів
- б) розширенні екологічних ніш
- в) освоєнні нових елементів середовища

**10. Сукцесія – це:**

- а) послідовні зміни біоценозів, що виникають на одній території чи акваторії під впливом природних факторів або дії людини
- б) екологічний компонент і в ряді випадків поживне середовище



в) спосіб існування організмів, що спільно мешкають

**11. Основне джерело збагачення поверхневих шарів водойми розчиненими органічними речовинами – це:**

- а) рослинні і тваринні рештки
- б) фізіологічні виділення тварин і водоплавних птахів
- в) прижиттєві виділення водоростей

**12. Стан клімаксу водної екосистеми – це:**

- а) зменшення біомаси екосистеми на одиницю потоку енергії
- б) стан найбільшої стійкості екосистеми
- в) стан динамічної рівноваги екосистеми

**13. Кисневий метод визначення величини первинної продукції водойм розроблений:**

- а) Боруцьким
- б) Бруєвичем
- в) Бером

**14. У одиниці об'єму морської води буде міститися більше:**

- а) розчиненої органічної речовини
- б) органічної речовини у складі живих організмів
- в) агрегованої органічної речовини

**15. Природні, тимчасово пересохлі водойми – це приклад:**

- а) первинної сукцесії
- б) вторинної сукцесії

**16. Найбільш зручним методом визначення величини первинної продукції водойм є:**

- а) кисневий
- б) радіо вуглецевий
- в) хлорофіловий

**17. Кормова база водойм буде змінюватися на протязі року, тому що:**

- а) змінюється віковий склад іхтіофауни
- б) зменшується кількість кормових організмів
- в) діють абіотичні екологічні чинники

**18. Існування особин однієї популяції під захистом іншої – це прояв:**

- а) аллопатії
- б) протокооперації
- в) мутуалізму



**19. Оптимальний час експонування кисневих склянок при визначенні величини первинної продукції водойм складає:**

- а) 1 – 3 години
- б) 2 – 6 годин
- в) 3 – 7 годин

**20. Фітобентос відіграє важливу роль у автотрофних процесах, що мають місце в:**

- а) глибоководних водних об'єктах
- б) мілководних водних об'єктах
- в) усіх континентальних водних об'єктах

**21. Алохтонний матеріал є важливим джерелом живлення для мешканців:**

- а) морів
- б) літоралі континентальних водойм
- в) гірських річок

**22. Хемосинтезуючі бактерії є:**

- а) редуцентами
- б) консументами
- в) продуцентами

**23. Основне джерело детриту у водоймах:**

- а) фітобентос
- б) фітопланктон
- в) зоопланктон

**24. Величина первинної продукції водойм залежить від:**

- а) видового складу рослин
- б) концентрації розчиненого кисню
- в) концентрації вугільної кислоти

**25. На інтенсивність процесу самоочищення вод впливає такий чинник як:**

- а) освітленість
- б) тиск
- в) в'язкість води

**26. Яка категорія гідробіонтів - гетеротрофів приймає участь в утворенні донних відкладів?**

- а) редуценти
- б) консументи
- в) сапрофаги





Перекресліть навхрест клітинку, яка відповідає відповіді на тестове запитання. За кожну правильну відповідь нараховується 1 бал.

**Блок 1. Гідробіологія як наука**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б
в		в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в		в		в	в	в

Правильних відповідей \_\_\_\_\_

Набрано балів \_\_\_\_\_

Оцінка \_\_\_\_\_

**Блок 2. Екологічні основи життєдіяльності гідробіонтів**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б
в	в	в	в	в		в	в	в			в		в	в	в	в		в	в	в

Правильних відповідей \_\_\_\_\_

Набрано балів \_\_\_\_\_

Оцінка \_\_\_\_\_

**Блок 3. Біологічна продуктивність водних екосистем**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б
в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в

продовження тесту

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
б	б	б	б	б	б	б	б	б	б
в	в	в	в	в	в	в	в	в	в

Правильних відповідей \_\_\_\_\_

Набрано балів \_\_\_\_\_

Оцінка \_\_\_\_\_



## 5. ТЕМАТИКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

### 5.1. Варіанти самостійної роботи

Підсумком самостійної роботи над вивченням дисципліни "Гідробіологія" є складання письмового звіту за однією з рекомендованих тем (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Варіанти тем самостійної роботи

Варіанти	ТЕМА	Рекомендована література
1	2	3
1	Сучасні наукові дослідження в галузі гідробіології в Україні	5,6
2	Живлення гідробіонтів	2, 5, 6, 7
3	Річки та їх населення	2, 5, 6, 14
4	Озера та їх населення	2, 5, 6, 14
5	Болота та їх населення	2, 5, 6, 14
6	Явище стратифікації та його вплив на формування якості вод	2,5, 6
7	Структура та функціональні особливості популяцій гідробіонтів	5,6, 12
8	Внутрішньовидові зв'язки в популяціях гідробіонтів та їх характеристика	5, 6, 12
9	Забруднення водних екосистем	3, 5, 6, 12
10	Реакція гідробіонтів на забруднення	2, 5, 6
11	Заходи боротьби із забрудненням водних екосистем	2, 3, 5, 6, 12
12	Антропогенне евтрофування водойм та чинники, що його спричиняють	2, 5, 6, 12, 14
13	Природне евтрофування водойм та чинники, що його спричиняють	2, 5, 6, 12, 14
14	Заходи боротьби з евтрофуванням водойм	2, 5, 6, 12, 14
15	Методи визначення продукційно-деструкційних процесів у водних об'єктах	1, 5, 6, 7, 13, 14

### 5.2. Оформлення звіту про самостійну роботу

Самостійна робота виконується студентом відповідно до варіанту, визначеному викладачем. Текстова частина викладається на стандартному папері формату А4 з однієї сторони. Поля: верхнє, нижнє та ліве – 25 мм, праве – 10 мм.



Малюнки та таблиці розміщуються як за текстом, так і на окремих аркушах паперу і повинні мати нумерацію у межах розділу. Формули розміщуються посередині сторінки і повинні мати нумерацію в межах розділу.

Посилання на літературні джерела здійснюються шляхом зазначення у дужках номера, під яким та чи інша друквана праця наведена у списку використаної літератури.

Захист звіту про самостійну роботу відбувається у терміни, спільно обумовлені студентом і викладачем.





## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Алимов А.В. Введение в продукционную гидробиологию. –Л.: Гидрометеоиздат, 1989.
2. Березина Н.А. Гидробиология. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
3. Гриб Й.В., Клименко М.О., Сондак В.В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем. – Рівне: Волинські обереги, 1999, т.1.
4. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. – Л.: Наука, 1981.
5. Клименко М.О., Трушева С.С., Гроховська Ю.Р. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем. – Рівне: НУВГП, 2004, т.3.
6. Константинов А.С. Общая гидробиология. – М.: Высшая школа, 1986.
7. Кражан С.А., Лупачева Л.И. Естественная кормовая база водоемов и методы ее определения при интенсивном ведении рыбного хозяйства (Справочный материал для работников прудовых хозяйств УССР) – Львов: УААН, 1999.
8. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: фитопланктон и его продукция/ Под ред. Г.Г.Винберга, Г.М.Лаврентьевой/. – Л.: ГОСНИОРХ, 1981.
9. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР// под ред Кутиковой Л.А., Старобогатовой Я.И. – М.: Гидрометеиздат, 1977.
10. Поліщук В.В., Трав'янюк В.С., Коненко Г.Д., Гарасевич І.Г. Гідробіологія і гідрохімія річок правобережного Придніпров'я. – К., Наукова думка, 1978.
11. Протасов А.А. Пресноводный перифитон. –К.: Наукова думка, 1994.
12. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990.
13. Романенко В.Д. Основи гідроекології. – К.: Обереги, 2001.
14. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений// Под ред. Абакумова В.А. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
15. Яшнов В.А. Практикум по гидробиологии. – М.: Высшая школа, 1969.



*Світлана Сергіївна Трушева*

## **ГІДРОБІОЛОГІЯ**

**Інтерактивний комплекс  
навчально-методичного забезпечення дисципліни**

Відповідальний за випуск

*М.О. Клименко*, доктор сільськогосподарських наук, професор,  
завідувач кафедри екології НУВГП

Друкується в авторській редакції

Підписано до друку      Формат 60x84 1/16

Папір друкарський № 1. Гарнітура Times. Друк трафаретний.

Ум.-друк. арк.      Тираж      прим. Зам. №

*Редакційно-видавничий центр  
Національного університету  
водного господарства та природокористування  
33000, Рівне, вул. Соборна, 11.*



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

# Національний університет водного господарства та природокористування

**С.С. ТРУШЕВА**

## **ГІДРОБІОЛОГІЯ**

**Інтерактивний комплекс  
навчально-методичного забезпечення дисципліни**



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**Рівне – 2005**

70