

Волинський національний університет імені Лесі Українки
Географічний факультет
Кафедра фізичної географії

І. М. НЕТРОБЧУК

ГІДРОБІОЛОГІЯ
КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Луцьк
Вежа–Друк
2021

УДК 574.5
Н57

Рекомендовано до друку науково-методичною радою Волинського національного університету імені Лесі Українки (протокол № 10 від 16 червня 2021 р.)

Рецензенти:

Забокрицька М. Р. – кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Панькевич С. Г. – канд. геогр. наук, доцент кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету

Нетробчук І. М.

Н 57 Гідробіологія. Конспект лекцій / І. М. Нетробчук. Луцьк : Вежа–Друк, 2021. 90 с.

Конспект лекцій знайомить студентів з основними мешканцями водойм та їхніми пристосуваннями до життя. У конспекті висвітлено теоретичні відомості окремих тем, укладених відповідно до програми та силябусу дисципліни, що значно покращить засвоєння лекційного матеріалу й практичного курсу.

Рекомендовано студентам освітнього рівня бакалавр спеціальності 103 Науки про Землю, освітньо-професійної програми Гідрологія

УДК 574.5

© Нетробчук І. М., 2021
©Волинський національний
університет імені Лесі Українки, 2021

ВСТУП

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 марікультур. 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

Мета вивчення дисципліни – ознайомити студентів із загальними закономірностями формування гідробіоценозів, адаптаціями гідробіонтів до середовища мешкання, роллю окремих груп водних організмів у формуванні біопродуктивності та якості води.

Навчально-методичне видання укладено відповідно до робочої програми й силабусу, що охоплює провідні теми курсу, які об'єднані окремими темами про методи гідробіологічних досліджень; 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 хижакими та шкідливими гідробіонтами, що завдають шкоди рибному, сільському господарствам, промисловості тощо. Значна частина тем винесена на самостійне опрацювання.

Конспект лекцій містить 11 тем лекцій. Він складений за єдиною структурою. Кожна тема лекції включає перелік питань для її розкриття та запитання для самоперевірки знань студентів. Кожна тема лекції доповнена схемами, що сприятиме кращому засвоєнню знань. В кінці конспекту розміщений список використаних джерел.

Лекція 1

ГІДРОБІОЛОГІЯ ЯК НАУКА

Питання:

1. Предмет і завдання гідробіології
2. Методи гідробіології
3. Розділи гідробіології
4. Напрямки гідробіології

1. Предмет і задачі гідробіології

Гідробіологія (*hydro* – вода, *bios* – життя, *logos* – слово, наука) – наука про життя у воді. Гідробіологія вивчає склад і структуру населення водойм, їх функціональну роль і взаємодію між собою і абіотичними чинниками середовища.

Предмет гідробіології: біологічне вивчення гідросфери з метою оптимізації її природокористування і охорони середовища.

Основне завдання гідробіології: біологічне вивчення в інтересах оптимізації природокористування й охорони середовища людини.

Завдання гідробіолога — дослідження організмів, популяцій, біоценозу у рамках екосистеми з урахуванням всіх її особливостей.

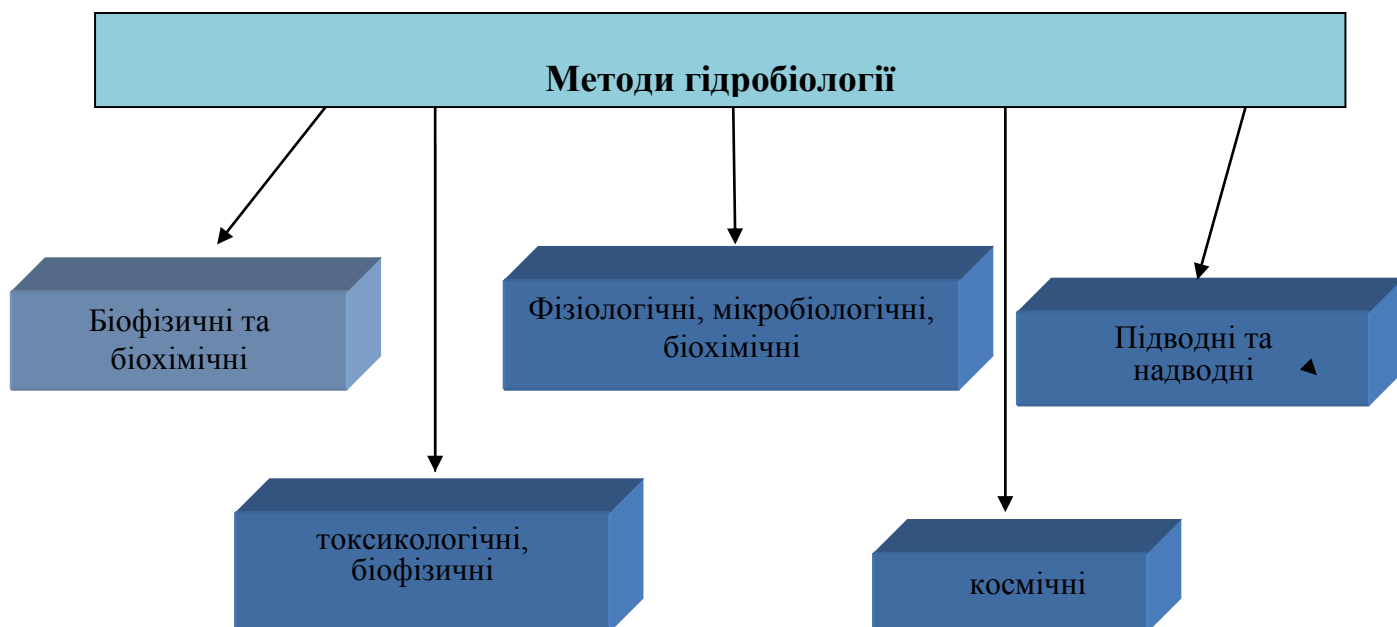
2. Методи гідробіології

Основними методами гідробіології є кількісний облік різних груп населення і оцінка їхньої функціональної ролі. **Облік чисельності** – чисельності й біомаси (сумарної маси) особин, з одного боку, дозволяє уточнити уяву про їхню екологію. Для кількісного обліку водного населення використовуються прилади, які занурюють звичайно у водойму з борта судна (дночерпачі, драги, планктонні сітки, планктоночерпачі, помпи, батометри та ін.).

Біофізичні й біохімічні методи – для оцінки кількості організмів у водоймах.

Підводні й надводні відеоспостереження, фотографування, ехолокація, а також візуальні спостереження, виконані з літаків, підводних човнів, батискафів, за допомогою аквалангів і в стаціонарних підводних лабораторіях [3; 5; 6].

Фізіологічні, мікробіологічні, біохімічні, токсикологічні, біофізичні й багато інших методів для оцінки функціональної ролі окремих груп населення в екосистемі.

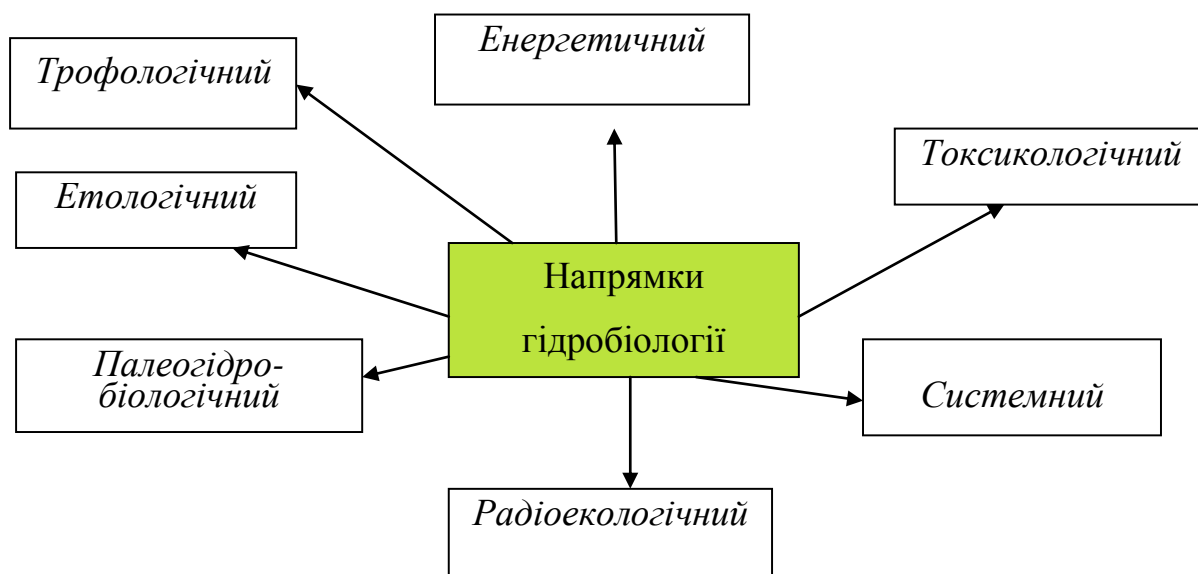


3. Розділи гідробіології

Продукційна	Вишукує перспективні шляхи збільшення і якісного поліпшення сировинної бази промислу водних організмів, розробляє методи прогнозування продуктивності водойм у її підвищення.
Санітарна	Досліджує біологічні процеси, відповідальні за формування якості води й можливі шляхи керування цими процесами в інтересах охорони здоров'я людини при використанні водойм як джерела питного водопостачання, зон відпочинку й в інших цілях; досягнення санітарної гідробіології використовуються при організації очищення питних і стічних вод.
Технічна	Займається вишукуванням засобів боротьби з обростанням кораблів, гідротехнічних і портових споруд, боротьби з обростанням каналів, водоймищ, трубопроводів, промислового устаткування та інших об'єктів. Вона також вивчає можливості боротьби з біологічною корозією металів, що перебувають у воді, із червицями й каменеточцями.
Сільсько-господарська	Займається вивченням формування водного населення на тимчасово затоплених ділянках, оброблення напівводних культур, у першу чергу рису, і з'ясуванням шляхів керування цим процесом в інтересах підвищення врожайності полів і біологічної продуктивності водних екосистем, що внаслідок цього утворилися.
Навігаційна	Вивчає біологічні явища у воді, з якими доводиться рахуватися в судноплаванні (перекручування даних ехолокації та інших вимірів через присутність гідробіонтів, біоломінесценція, біологічні перешкоди й ін.)

4. Напрямки гідробіології

За науковими проблемами у сучасній гідробіології виділяють такі напрямки:



Трофологічний напрямок досліджує харчування й харчові взаємини гідробіонтів, причинні зв'язки й механізми продукційного процесу в їхній динаміці.

Енергетичний – досліджує біологічну трансформацію енергії, потік останньої у водоймах.

Токсикологічний – досліджує критерії токсичності, гранично припустимі для гідробіонтів концентрації окремих токсикантів і механізми їхньої дії.

Етологічний – досліджує закономірності поведінки гідробіонтів та їхніх популяцій.

Радіоекологічний – досліджує шляхи міграції, процеси нагромадження й виведення радіонуклідів, їхній вплив на водне населення.

Палеогідробіологічний – досліджує виявлення історії населення водойм по субфосильним залишкам гідробіонтів.

Системний – застосування загальної теорії систем та її методів до водної екології. Він розглядає загальні проблеми організації біосистем у гідросфері, їхню поведінку, самоорганізацію, саморегуляцію й керування, розробляє моделювання як специфічний підхід до вивчення і опису біосистем прогнозу їхнього стану при різних змінах навколишнього середовища [3; 6].

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що вивчає гідробіологія?
2. Що є предметом науки гідробіологія?
3. Сформулюйте основне завдання гідробіології.
4. Назвіть та охарактеризуйте розділи гідробіології.
5. Які напрямки виділяють у гідробіології за науковими проблемами?

Лекція 2

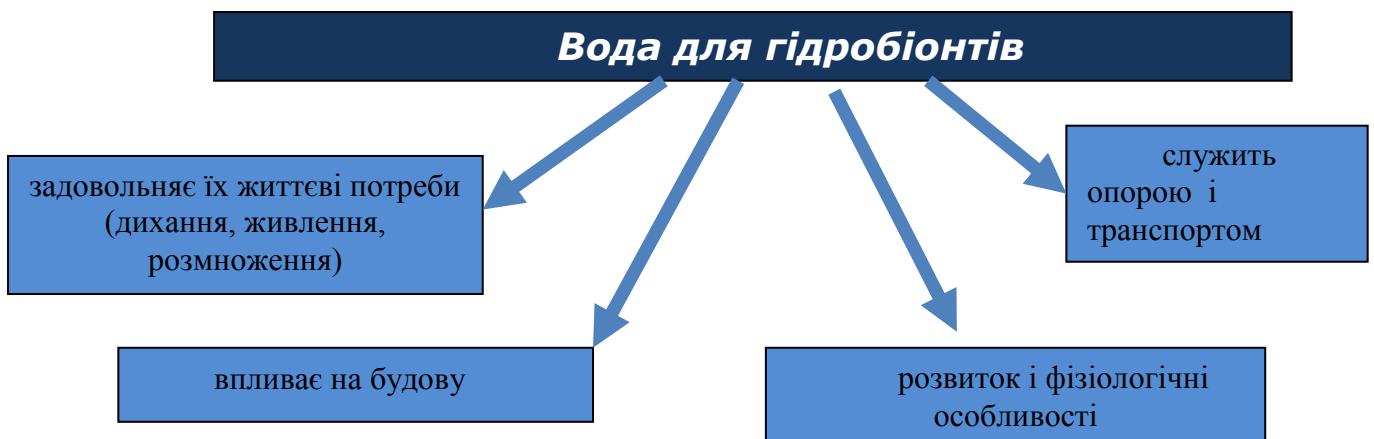
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ УМОВИ ІСНУВАННЯ ГІДРОБІОНТІВ У ВОДОЙМАХ

Питання:

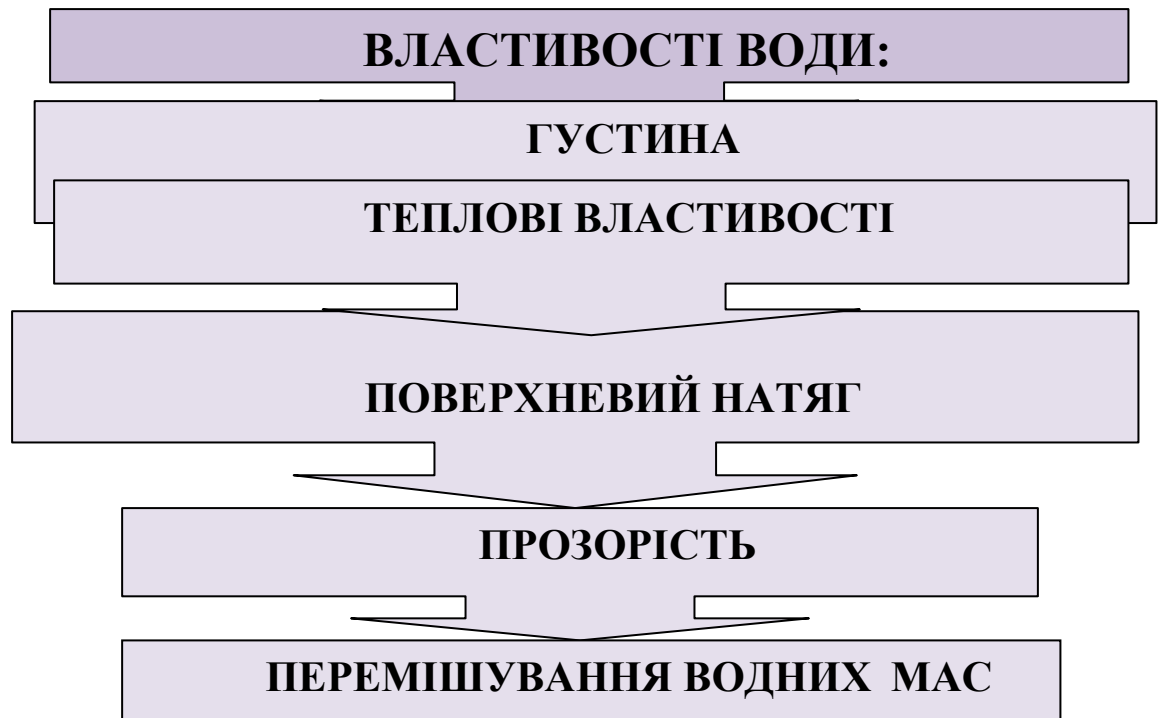
1. Вода як середовище життя гідробіонтів.
2. Донні відклади як середовище життя гідробіонтів.
3. Розчинені гази.
4. Розчинені мінеральні речовини.
5. Розчинені і завислі органічні речовини.

1. Вода як середовище життя гідробіонтів

До головних абіотичних чинників середовища гідробіонтів відносять фізико-хімічні властивості води і ґрунту, розчинені і завислі у воді речовини, температуру, освітлення, електромагнітні явища, іонізуючу радіацію тощо.



Молекула води складається з двох атомів гідрогену і одного атома Оксигену і має 36 ізотопних форм завдяки 6 ізотопних форм Оксигену і 3 гідрогену.

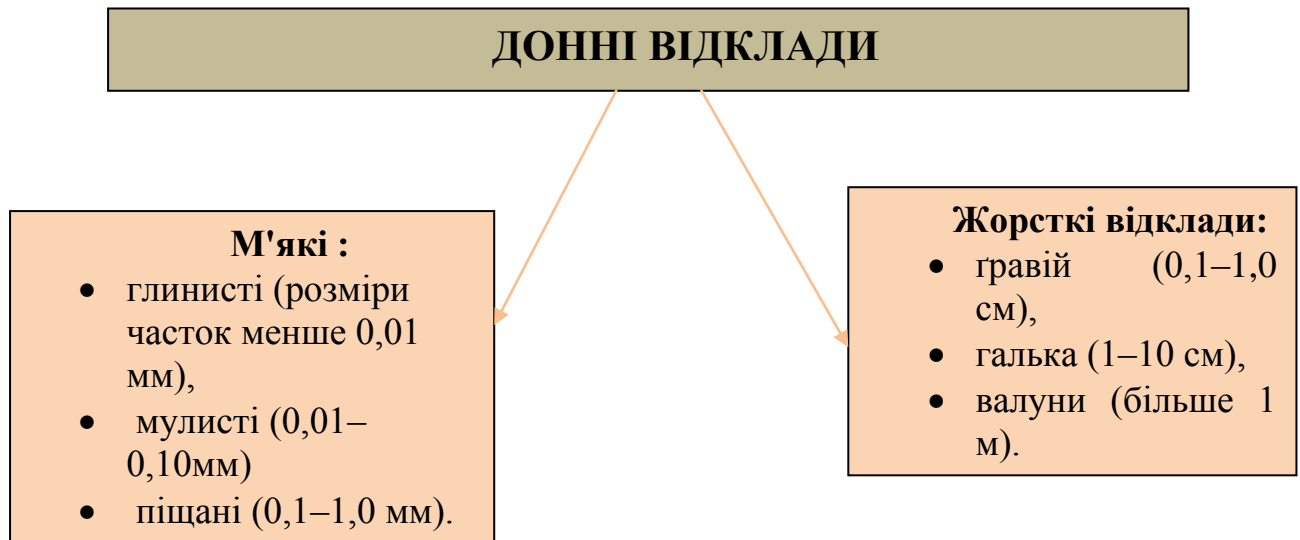


- ✚ Густина води визначається кількістю розчинених у ній речовин і температурою. Густина чистої води за температури 4°C дорівнює 1 г/дм³, тобто питома маса води становить 1. Завдяки такій густині досягається завислий стан дрібних мікроскопічних тварин і рослин протягом життя. Із зниженням температури до 0°C і з підвищенням від 4°C і більше густина води зменшується.
- ✚ Висока теплоємність води (здатність вбирати і утримувати тепло) забезпечує поглинання великої кількості тепла і повільну його віддачу у довкілля
- ✚ Низька теплопровідність води запобігає зниженню температури у глибину; це викликає *розшиарованість* водної товщі або *температурну стратифікацію*, яка перешкоджає літньому прогріванню води до дна навіть у мілководних водойм і зимовому промерзанню води до дна.
- ✚ Гідростатичний тиск води пов'язаний з густиною води і її тиском на організм.
- ✚ В'язкість – це властивість тіл протидіяти зсуву їх шарів відносно один одного.
- ✚ Поверхневий натяг води сприяє утворенню пружної плівки на межі фаз «вода–повітря» і є опорою для перебування і руху нейстону. Поверхневий натяг природних вод знижується при забрудненні водойм органічними речовинами, «цвітінні» і на ділянках, зарослих макрофітами.
- ✚ Прозорість води у водоймах надзвичайно важлива для гідробіонтів, особливо фітопланктону і безхребетних з фільтраційним типом живлення.
- ✚ Рухливість водних мас. Рух води проявляється у формі течій – перенесення водних мас у певному напрямі і хвилювань – відхилення часток води від вихідного положення з наступним поверненням до нього [3; 5; 6].



Рухливість водних мас обумовлює формування специфічних угруповань гідробіонтів, пристосованих до умов уповільненого стоку – **стагнофільних** чи до умов проточності – **реофільних**.

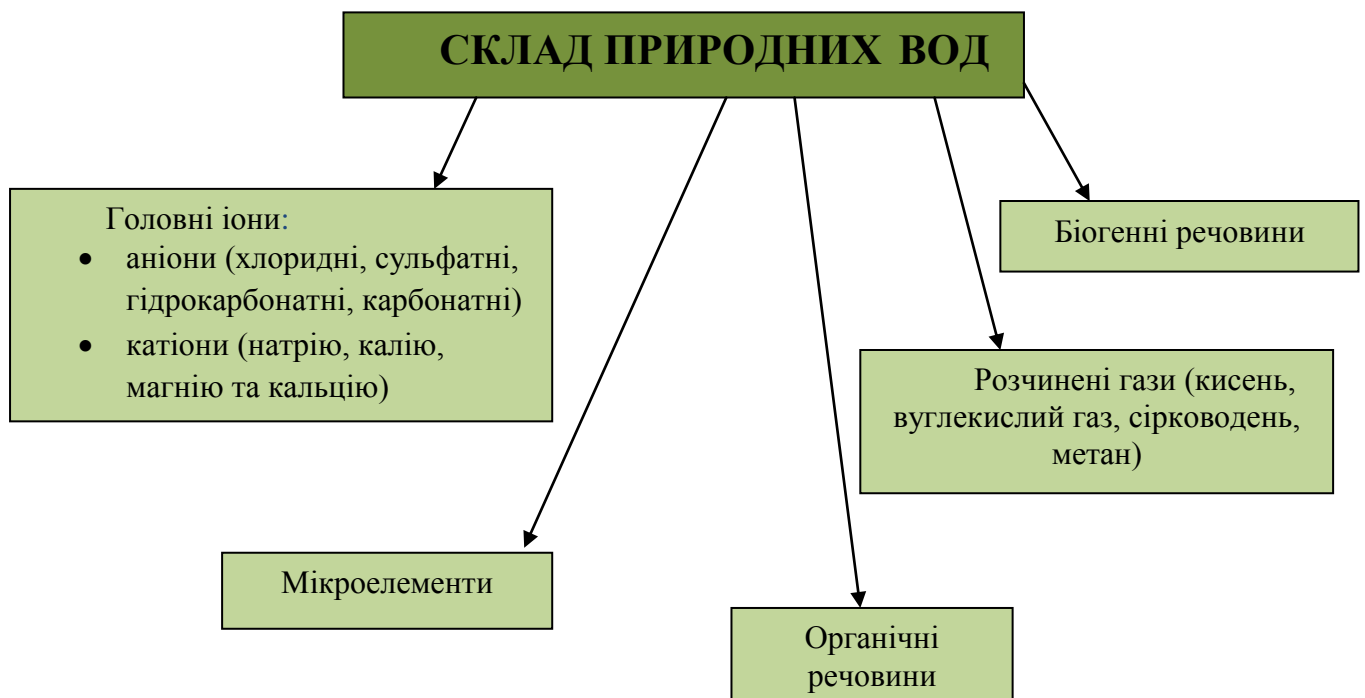
2. Донні відклади як середовище життя гідробіонтів

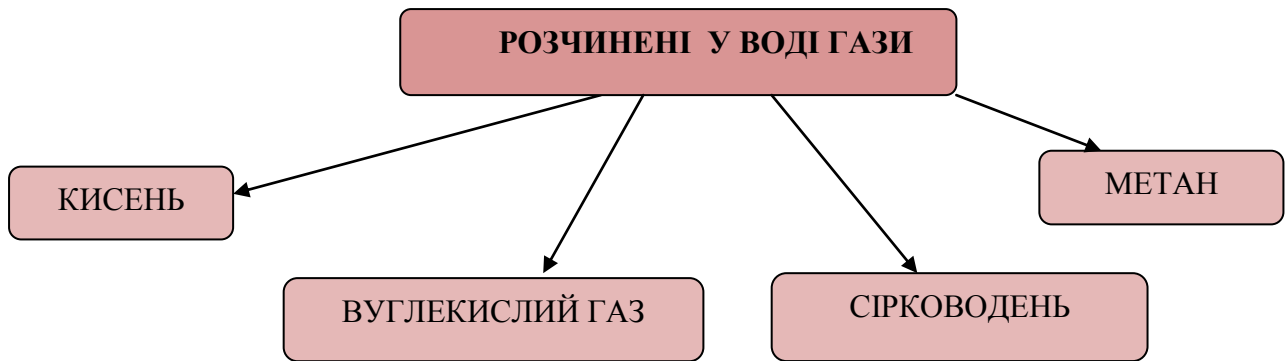


Залежно від вибірковості відкладів донні організми поділяють на **овриєдафічні** і **стеноедафічні** форми. Серед стеноедафічних форм розрізняють **літофілів** (обирають кам'яністі відклади), **псамофілів** (надають перевагу піскам), **пелофілів** (оселяються у мулах), **агрілофілів** (населюють глинисті відклади).

3. Розчинені гази

Вода – універсальний розчинник, вона містить різноманітні хімічні елементи і їх сполуки. У складі природних вод виділяють основні групи хімічних сполук.





Кисень (O_2) – визначальний чинник середовища, його вміст у воді у 20–30 разів нижчий порівняно з суходолом. Джерела надходження – атмосфера (**інвазія**) і процеси фотосинтезу у водоймі. Однак дифузія кисню у воді відбувається у 320 разів повільніше, ніж у повітрі, а водні течії мають набагато меншу швидкість, ніж атмосферні потоки. При високому вмісті кисень виходить в атмосферу (**евазія**).

Вуглекислий газ (CO_2) – у воді майже у 700 разів більше, ніж у повітрі. З підвищенням температури і солоності води вміст CO_2 у ній знижується.

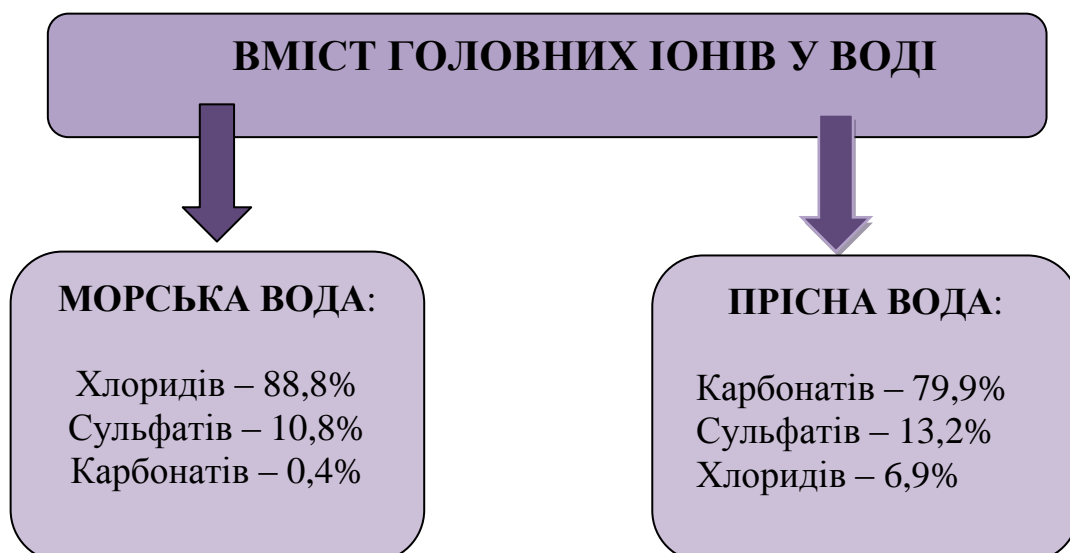
За високої концентрації CO_2 отруйний для гідробіонтів і з цієї причини вони часто відсутні у джерельних водах, перенасичених вугільною кислотою. Концентрація у прісній воді CO_2 від 50 мг/дм^3 і більше викликає функціональні порушення в організмі гідробіонтів і навіть їх загибель. Для рослин високі концентрації CO_2 безпечні.

Сірководень (H_2S) утворюється у водоймах при біохімічному окисленні органічних речовин природного походження і відновних процесах, що протікають у водах з незначним перемішуванням водних мас і спостерігається дефіцит кисню, тобто у результаті життєдіяльності бактерій. Отруйний для живих організмів навіть у найменшій кількості.

Метан або болотяний газ (CH_4) утворюється здебільшого при розкладанні клітковини відмерлих макрофітів у донних відкладах і придонних шарах води стоячих водойм метанокислюючими бактеріями. У великій кількості – до 80–90% метан міститься у міхурцях газу, що піднімаються з дна багатьох стоячих водойм. Метан отруйний для організмів [6].

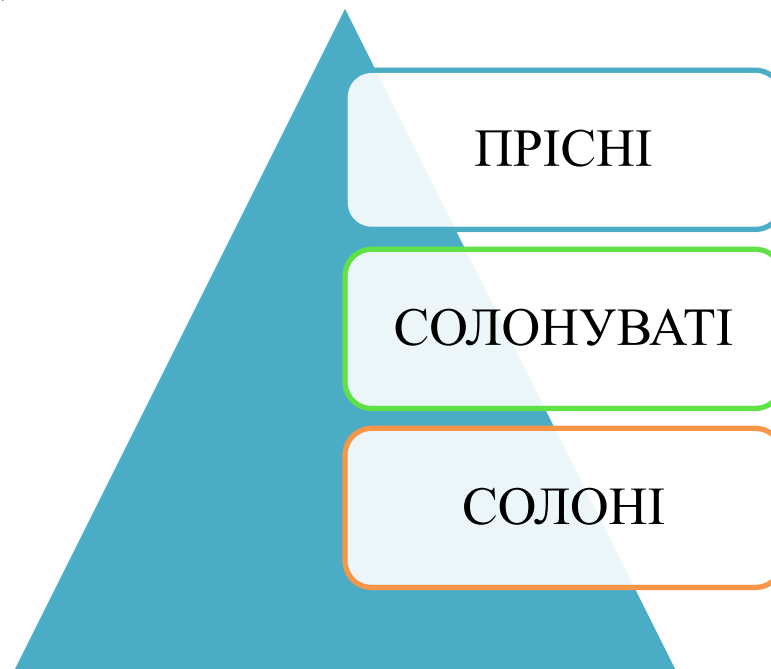
4. Розчинені мінеральні речовини

Більшість солей у водних розчинах існують у вигляді іонів. У природних водах домінують 3 аніони – **гідрокарбонат HCO_3^-** , **хлорид Cl^-** і **сульфат SO_4^{2-}** і 4 катіони – кальцій **Ca^{2+}** , магній **Mg^{2+}** , натрій **Na^+** і калій **K^+** . Це – головні іони. Хлорид-іон надає воді солоного смаку, сульфат-іон та іони кальцію і магнію – гіркуватий, гідрокарбонат-іони не мають смаку.



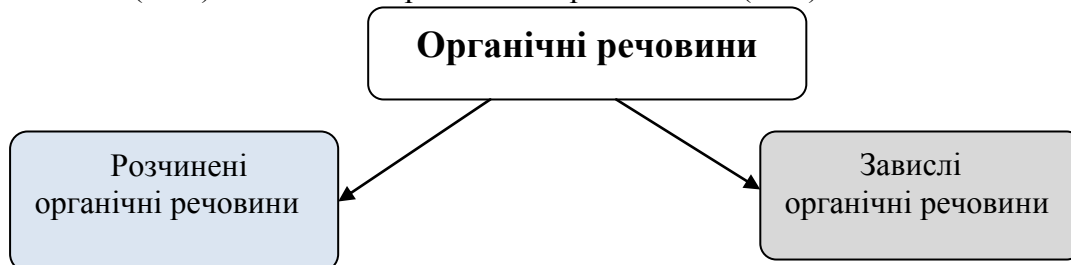
Сумарна концентрація усіх солей у воді називається **солоністю**, виражається у проміле і позначається символом S. Солоність у 1‰ означає, що 1 дм³ води містить 1 г солей.

ПОДІЛ ВОД ЗА СОЛОНІСТЮ:



5.Розчинені і завислі органічні речовини

Органічні речовини природних водойм представлені розчиненими органічними речовинами (РОР) і завислими органічними речовинами (ЗОР).



РОР поділяються на ЛЕГКОРОЗЧИННІ і ВАЖКОРОЗЧИННІ. До легкорозчинних відносяться органічні речовини, які виділяються під час життєдіяльності гідробіонтів і при їх відмиранні – цукри, амінокислоти, органічні кислоти, вітаміни, їх вміст у прісних водоймах становить від 4 до 20%, а у багатих на органічні речовини водоймах – більше 30% від загальної кількості РОР.

Важкорозчинна органіка представлена здебільшого водним ГУМУСОМ, який складається з стійких гумінових і фульвокислот. Наявність цих органічних сполук надає воді специфічного забарвлення з БУРИМ або чорним відтінком. Більша кількість важкорозчинної у воді органіки через хімічну стійкість не споживається гідробіонтами.

ДЕТРИТ складається з органічних і мінеральних часток, які густо заселені бактеріями з надзвичайно високою біологічною активністю. Кількість детриту у водах Світового океану становить близько 8–10 % усіх органічних речовин, що знаходяться у воді. За розмірними ознаками детрит поділяють на ультра-, мікро-, мезо- і макродетрит (найменші розміри часточок детриту становлять 0,1 мкм), значення у 0,43 мкм – розмежовує РОР і ЗОР [6].

Детрит – цінний кормовий ресурс. Він є основним кормом більшості планктонних фільтраторів – коловерток, ракоподібних, личинок і дорослих риб і багатьох бентофагів – молюсків, голкошкірих, червів, риб.

Хімічний склад середовища водянні тварини сприймають завдяки надзвичайно чутливим ХЕМОРЕЦЕПТОРАМ [6]. З їх допомогою гідробіонти розшукують корм, міграційні шляхи, нерестовища, виявляють хижаків і собі подібних. У тисячокілометрових міграціях, характерних для багатьох видів риб, вони орієнтуються здебільшого за запахами, з разючою точністю знаходячи місця нерестовищ або нагулу (експериментально доведено, що лососі, штучно позбавлені нюху, не знаходять гирла своєї річки, повертаючись на нерест, але ніколи не помиляються, якщо можуть сприймати запахи). Тонкість нюху надзвичайно велика у риб, що здійснюють особливо далекі міграції – вугрі, які відгодовуються в європейських річках, а нерестяться біля берегів Центральної Америки, реагували під час дослідів на етиловий спирт при концентрації його у воді 1 г на 6 тис. км³. Карасі розрізняють нітробензол у концентрації 1 г на 100 км³ води, деякі види молюсків за допомогою хеморецепторів виявляють своїх хижаків; додавання до води ціломічної рідини зі статевими феромонами статевозрілого багатощетинкового черва *Platynereis dumerilii* викликає у особин іншої статі у період роїння шлюбну реакцію і виділення статевих продуктів.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Перерахуйте фізико-хімічні властивості води.
2. Чим обумовлена прозорість води?
3. Чим обумовлена рухливість водних мас?
4. Які угруповання гідробіонтів формує рухливість водних мас?
5. Перерахуйте фізико-хімічні властивості ґрунту.
6. Охарактеризуйте воду як універсальний розчинник.
7. Перерахуйте значення розчинених у воді газів для гідробіонтів.
8. Наведіть класифікацію організмів щодо солоності.
9. Наведіть класифікацію органічних речовин водойм і їх значення гідробіонтів.

Лекція 3

ЕКОЛОГІЧНА ЗОНАЛЬНІСТЬ ВОДОЙМ ТА ЇХ БІОТОПИ

Питання:

1. Життєві форми гідро біонтів.
2. Основні зони пелагіалі Світового океану.
3. Внутрішні водойми.

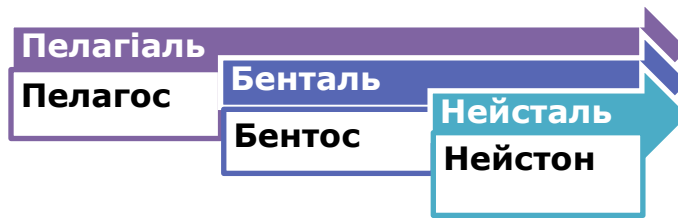
1. Життєві форми гідробіонтів

Гідросфера, як арена життя, поділяється на більш-менші відмежовані одна від одної ділянки – **БІОТОПИ**, або **екотопи**, що характеризуються специфічними умовами існування.



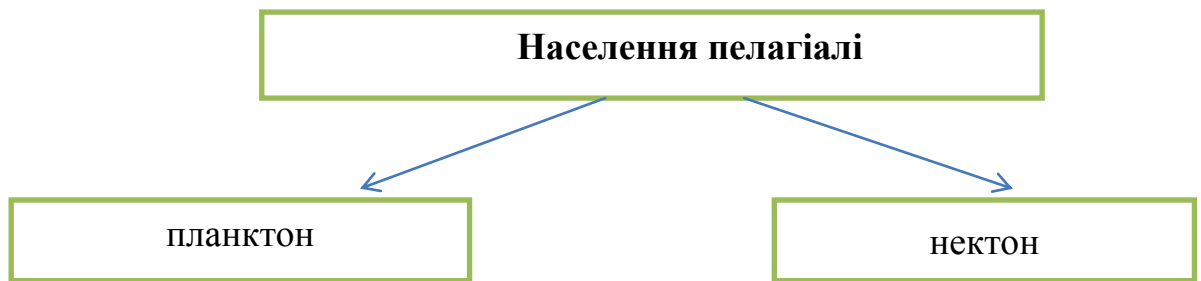
ПЕЛАГІАЛЬ (*pelagos* – відкрите море) – товща водойм; БЕНТАЛЬ (*bentos* – глибина) – дно із прилеглим до нього шаром води; НЕЙСТАЛЬ (*nein* – плавати) – поверхневий шар води, що граничить із атмосферою.

НАСЕЛЕННЯ БІОТОПІВ ВОДОЙМ



До ПЕЛАГОБЕНТОСУ відносять форми, здатні поперемінно вести як пелагічний, так і бентосний спосіб життя.

ПЕРИФІТОН (*peri* – навколо, *phyton* – рослина) - населення, що виявляється на різних предметах і живих тілах, які перебувають у товщі води.



ПЛАНКТОН – організми, які не здатні до активних рухів, або рухливі, але не здатні протистояти токам води, яка переносить їх з місця на місце (водорості, найпростіші, коловертки, рачки й інші дрібні тварини).

ПЛЕЙСТОН – пелагічні організми, частина тіла яких перебуває у воді, а частина над її поверхнею.

НЕКТОН – великі тварини, рухова активність, яких достатня для подолання водних течій (риби, кальмари, ссавці).



СЕСТОН (sestos – просіяний) – сукупність завислих у воді органічно-мінеральних частинок (детрит) і планктонних організмів.

АМФІБІОНТНІ або **МЕРОГІДРОБІОНТНІ** форми - форми, адаптовані до життя як у воді, так і в повітряному середовищі.

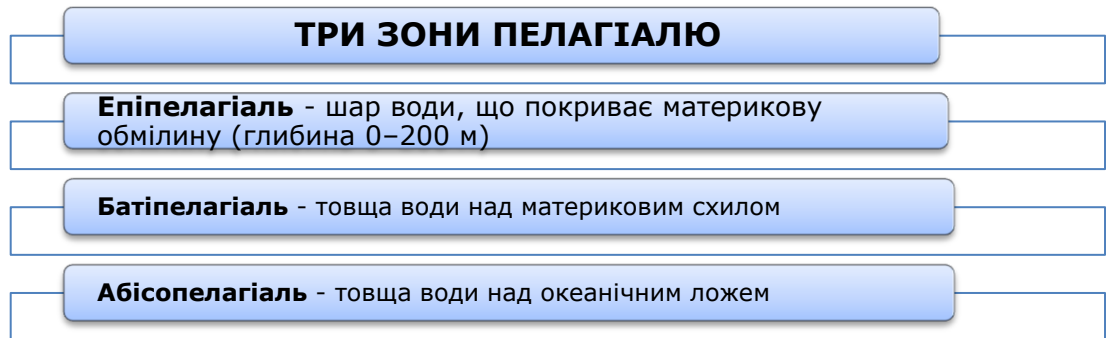
Деякі з таких форм (водний жовтець, земноводна гречка, стрілолист та ін.) однаково добре живуть в обох середовищах, інші (жаби, тритони, деякі раки й риби) переважно адаптовані до життя у воді, але можуть значний час перебувати на суші.

НАПІВВОДНІ ОРГАНІЗМИ – частина тіла, яких перебуває у воді, а частина – на повітрі (очерет, осока та ін.).

Водні стадії **ГЕТЕРОТОПНИХ**, або **ПОВІТРЯНО-ВОДНИХ** організмів – частина життєвого циклу яких здійснюється в повітряному, а частина – у водному середовищі (наприклад, багато комах, що ведуть в імагінальній стадії повітряний спосіб життя, а в личиночній – водний).

2. Основні зони пелагіалі Світового океану

ПЕЛАГІАЛЬ (від грець. pelagos – відкрите море) – це товща води морів й океанів, що є середовищем перебування водних організмів, не пов'язаних із дном водойми.



ЕПІПЕЛАГІАЛЬ – найбільш продуктивна зона морських екосистем. У її верхній частині найбільш інтенсивно протікають біологічні процеси (фотосинтез автотрофних організмів – фітопланктону) і створюється первинна органічна продукція, що використовується тваринними організмами, які живуть у батіпелагіалі, абісопелагіалі й бенталі. На глибині 2,5–3 км, біля підземних термальних вод, органічні речовини можуть утворюватися також у результаті хемосинтезу, що здійснюється хемотрофними бактеріями.

ВОДНА МАСА – не вся вода моря або океану, а лише певний, невеликий її обсяг, пов'язаний з конкретним районом Світового океану.

Особливості формування водної маси пов'язане із кліматичними та фізико-географічними умовами певних морських акваторій. Водні маси не поширюються по всій акваторії та не змішуються повністю із сусідніми водами.

Загальна циркуляція водних мас у Світовому океані відбувається внаслідок вітрової напруги на поверхні води, нерівномірного розподілу атмосферного тиску й температурного режиму окремих його зон [4].

3. Внутрішні водойми

Внутрішні або **континентальні** водойми – це водні об'єкти, розташовані серед суходільних масивів.

Внутрішні водойми

Водойми (водні об'єкти) – уповільненого стоку:

- водосховища,
- озера,
- ставки,
- болота,
- калюжі.

Водотоки – водні об'єкти прискореного стоку:

- річки,
- канали.

Типи водних об'єктів вивчають науки:

- ЛІМНОЛОГІЯ (наука про озера, від грец. лімнос – озеро);
- ГЕЛЕОБІОЛОГІЯ (наука про болота, від грец. гелеос – болото);
- ПОТАМОЛОГІЯ (наука про ріки, від грец. потамос – ріка).

Континентальні водойми характеризуються більшим різноманіттям умов середовища в порівнянні з морськими, що й визначає характер їхньої екологічної зональності.

ЗОНИ ПЕЛАГІАЛЮ та їх характеристика:

1) ЕПІЛІМНІОН (досягає глибини 5-8 м) :

- в цьому шарі під впливом вітру й конвекційних потоків найбільш інтенсивно перемішуються водні маси;

- тут відзначені найбільша кількість сонячної енергії і найвища концентрація мінеральних і органічних речовин, більша насиченість води киснем;

- сприятливі умови для розвитку бактерій, найпростіших і безхребетних тварин.

2) МЕТАЛІМНІОН (8-14 м) :

- різкий перепад температури води між епі- та гіполімініоном, у зв'язку із чим цю зону називають ще ТЕРМОКЛІНОМ, або ШАРОМ *ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРИБКА*.

3) ГІПОЛІМНІОН:

- найбільш глибокі шари води, де температура влітку не піднімається вище 5-10 °С;

- практично відсутність автотрофних організмів, через мале проникнення сонячної радіації;

- трансформація речовин й енергії в цій зоні відбувається, в основному, за рахунок відмерлої органічної речовини (детриту).

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Назвіть найбільш великі біотопи водойм.
2. Назвіть населення біотопів водойм.
3. Що таке пелагіаль?
4. Охарактеризуйте основні зони пелагіалі Світового океану.
5. Охарактеризуйте зони пелагіалі внутрішніх водойм.

Лекція 4

ЖИТТЄВІ ФОРМИ ПЕЛАГІАЛІ ТА ЇХ АДАПТАЦІЇ ДО СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ

Питання:

1. Планктон і нектон.
2. Рух пелагобійонтів і нектонів.
3. Вертикальні та горизонтальні міграції.
4. Конвергенції при активному плаванні.

1. Планктон

Мешканці пелагіалі утворюють найбільш характерні життєві форми (ПЛАНКТОН і НЕКТОН), яким немає аналогів на суші.

За ступенем пристосованості організмів до водної товщі розрізняють:

1) ГОЛОПЛАНКТОН – організми, все активне життя яких проходить у товщі води, і тільки на стадії (бруньки, яйця та ін.) можуть перебувати на дні.

2) МЕРОПЛАНКТОН – форми, що живуть у товщі води тільки на якомусь відрізку свого активного існування, а іншу частину життя їм властивий інший спосіб життя (пелагічні личинки донних тварин, ікра й личинки риб, личинки плейстонта фізалії).

Своєрідною життєвою формою є КРІОПЛАНКТОН – населення поталої води, що утворюється під променями сонця в тріщинах льоду й порожнечах снігу.

Удень організми кріопланктону, наприклад джгутиконосець *Chlamydomonas nivalis*, який забарвлює сніг у червоний колір, або забарвлююча лід у зелений колір *Ancylonema nordenskjoldii*, ведуть активний спосіб життя, а вночі вмерзають у лід.

Планктон за розмірними ознаками підрозділяється:

- мегало - (довжиною більше 1 м), (megalos – величезний)

- макро - (1 – 100 см), (makros – великий)

- мезо- (1–10 мм), (mesos – середній)

- мікро- (0,05 –1 мм), (mikros – маленький)

- нано - (дрібніше 0,05 мм) і ультрапланктон, (nannos –карликовий).

У результаті ряду досліджень, спрямованих насамперед на ідентифікацію й вивчення структурно-функціональних властивостей ряду планктонних угруповань, границі деяких розмірних класів планктону були зрушені. Насамперед це торкнулося дрібних організмів.

За дослідженнями Бірсай Стюарта відносять

- до мікропланктону стали відносити організми з розмірами 20-200 мкм,
- до нанопланктону – 2–20 мкм,
- пікопланктону – 0,5–2 мкм,
- ультрапланктону – менш 0,5 мкм.

Для найдрібніших прокариот і вірусів був введений клас *фемтопланктону*.

Пристосування організмів до пелагічного способу життя зводяться насамперед до забезпечення ПЛАВУЧОСТІ або ФЛОТАЦІЇ – розвитку різних адаптацій, що сповільнюють занурення організмів, оскільки їхня питома вага звичайно трохи більше одиниці.

Наведений раніше розподіл мешканців товщі води на планктон і нектон, залежно від їхньої здатності протистояти течії можна уточнити, використовуючи гідродинамічні показники, зокрема, число Рейнольдса (**Re**), що виражає відношення сил інерції до сили тертя:

$$Re=v \cdot l \cdot K,$$

де v – швидкість руху рідини,

l – довжина тіла,

K – кінематична в'язкість.

Як було досліджено, планктери плавають при $Re < 2 \cdot 10^7$, звичайно при $Re < 10^5$, характеризуються розгалуженістю, численністю виступаючих деталей і поганою обтічністю, що забезпечує їм добре виражений парашутний ефект і створює високий рівень спротиву при поступовому русі.

НЕКТОНТИ відрізняються зворотними ознаками; мають обтічну форму, плавають в режимі $Re > 2 \cdot 10^7$. Такий рівень Re зазвичай спостерігається при довжині не менше 2–3 см, і вона є мінімальною для нектонтів.

Інший ряд адаптацій, пов'язаний із забезпеченням активного пересування

- вироблення пристосувань до розпізнавання середовища і орієнтації.
- для мешканців пелагіалі мають адаптації до використання течій та інших засобів пасивного пересування, які маневрово освоюються гідробіонтами, особливо дрібними,
- у край характерні для багатьох пелагічних організмів добові вертикальні міграції.

ПЛАВУЧИСТЬ. Вона може розглядатися як занурення з найменшою швидкістю, і тоді формула плавучості здобуває наступний вид (В. Оствальд):

$$a = b/(c \cdot d), \text{ де}$$

a – швидкість занурення,

b – залишкова вага (різниця між вагою організму й вагою витиснутої їм води),

c – в'язкість води,

d – опір форми.

Із цієї формули випливає, що організми можуть збільшувати плавучість, підвищуючи тертя об воду й зменшуючи залишкову вагу.

ПІДВИЩЕННЯ ТЕРТЯ ОБ ВОДУ:

1) Чим більше питома поверхня тіл, тим повільніше в результаті тертя вони поринають у воду.

Оскільки зі зменшенням розміру тіл їхня питома поверхня зростає, тривале паріння організмів у товщі води полегшується. Звідси найбільш характерна риса планктону – малі й мікроскопічні розміри утворюючих його організмів.

2) Збільшення питомої поверхні організмів досягається їх уплощенням, сильним розчленуванням тіла, утворенням усіляких виростів, шипів і різних додатків. З підвищенням температури й погіршенням умов плавучості відростки збільшуються.

3) Із сезонними коливаннями температури води, що супроводжуються змінами її густини та в'язкості, пов'язаний ЦИКЛОМОРФОЗ. Він проявляється в тім, що в теплу пору року у деяких прісноводних організмів (рачків, коловерток й ін.) збільшується питома поверхня тіла за рахунок зміни його пропорцій і подовжуються різні вирости тіла; з похолоданням починається розвиток у зворотному напрямку.

На основі експериментальних даних висловлена думка і про захисне значення цикломорфних змін, що знижують виїдання рачків рибами, особливо сильне влітку. У зв'язку із цим цікаво відзначити, що види **гіллястовусих рачків**, що володіють цикломорфними ознаками, звичайно відрізняються масовістю й широтою поширення [2; 3].

ЗНИЖЕННЯ ЗАЛИШКОВОЇ ВАГИ

Густина води помітно зростає зі зниженням температури, а також з підвищенням солоності й тиску, у зв'язку із чим умови плавучості організмів помітно міняються. Відповідно до цього у планктонтів питома вага регулюється таким чином, щоб вона наближалася до густини води.

Питома вага прісноводних планктонних організмів не перевищує **1,01–1,02 г/см³**, морських – **1,03–1,06 г/см³** і їхня плавучість наближається до нейтральної. У тих випадках, коли гідробіонти здійснюють вертикальні міграції або переміщуються в ділянки з іншою густиною води, вони звичайно змінюють свою питому вагу, модулюючи склад тіла.

Зниження залишкової ваги може досягатися:

- **зменшенням кількості кістякової тканини;**

- **зменшення білка в тканинах** - (зменшення кількості білка відзначено в деяких глибоководних риб – до 5 % від маси тіла замість звичайних 20–25 %);
- **зменшення сумарної концентрації іонів у рідинах тіла** – (характерно для багатьох морських тварин, що здійснюють гіпоосмотичну регуляцію);
- **заміною важких солей більше легкими** – (простежується у багатьох безхребетних і водоростей, коли замість Mg^{2+} , Ca^{2+} й SO_4^{2-} у тілі накопичуються Na^+ і NH_4^+ . Наприклад, активне видалення сульфат-іона характерно для медуз, гребневиків, птеропод, гетеропод і пелагічних оболонників);
- **відкладенням великої кількості жиру** – (багаті жиром ноктілюки *Noctiluca*, радіолярії *Spermellaria*, гіллястовусі й веслоногі рачки. Жирові краплі є в пелагічній ікрі ряду риб (кефалеві, камбали, скумбрія));
- **заміною більш щільного жиру менш щільним** – (жир замість важкого крохмалю відкладається в якості запасної живильної речовини в планктонних діатомових, синьозелених і зелених водоростей. В акули *Cetorhinus* і риби-місяць *Mola* так багато жиру, що вони майже без усяких активних рухів тримаються в поверхні води, де харчуються планктоном);
- **Утворенням порожнин, наповнених повітрям** – (наприклад, 1) у пелагічних корененіжок раковина більш пориста, ніж у бентосних; 2) у багатьох радіолярій кремнієві голки стають порожніми; 3) планктонні діатомові відрізняються від бентосних більш тонкими і слабкіше окремененими оболонками).

Ефективний засіб підвищення плавучості – **ГАЗОВІ ВКЛЮЧЕННЯ** в цитоплазмі або утворення спеціальних **ПОВІТРЯНИХ ПОРОЖНИН**.

Наприклад: газові вакуолі мають багато планктонних водоростей, плавальні міхури – ряд прикріплених гідрофітів, наприклад бурі водорості *Fucus* (вони допомагають їм триматися у вертикальному положенні).

2. Рух пелагобійонтів і нектонів

Переміщення організмів під дією зовнішніх сил у воді виражено значно сильніше, ніж на суші, внаслідок рухливості самого біотопу гідробіонтів – водних мас. З мешканців пелагіалі, планктонні форми переміщуються зовнішніми силами в більшому масштабі, ніж нектонні [3; 6].

У **ПЛАНКТОНТІВ** плавання здійснюється

- за допомогою **ДЖГУТИКІВ** і **ВІЙОК** (ефективно тільки при невеликих розмірах організмів (50-200 мкм), і тому спостерігається лише у мікроскопічних істот (найпростіших, водоростей, коловерток);
- згинанням тіла;
- веслуванням кінцівками;
- реактивним способом (властиво, наприклад, джгутиконосцю *Medusochloris piate* та інфузорії *Craspedotella pileolus*, колоколоподібне тіло яких, скорочуючись, викидає воду);
- здатністю до **СТРИБКІВ** володіють багато коловерток, ракоподібні, личинки комах.

Під час стрибка швидкість руху в багато разів вище, ніж при плаванні. Надзвичайно характерні часті стрибки з води в повітря «**ЛІТАЮЧИХ КОПЕПОД**» – *Pontellidae*; у чорноморських форм вони досягають до 15–20 см у довжину й 15 см у висоту.

- **КОВЗАННЯ** серед пелагічних організмів спостерігається в дрібних форм, наприклад у діатомових водоростей, і забезпечується контактом цитоплазми, що рухається, з водою;
- активний рух за рахунок зміни питомої ваги характерний для багатьох представників фітопланктону і дрібних зоопланктерів, рідше він зустрічається у великих пелагобійонтів.

Оточуючи себе мікроскопічними пухирцями кисню, що виділяється при фотосинтезі, водорості спливають нагору, а скинувши «поплавці», рухаються вниз.

У дрібних безхребетних зміна питомої ваги, і відповідне переміщення по вертикалі, досягається утворенням тимчасових ГАЗОВИХ камер (наприклад, вакуолізація цитоплазми в багатьох найпростіших).

Великі форми, що мають постійні газові камери, можуть регулювати їхній об'єм і таким шляхом переміщуватися нагору або вниз (багато сифонофор, личинки комах).

У НЕКТОНІВ рух проявляється у формі ПЛАВАННЯ, значно рідше спостерігаються СТРИБАННЯ і КОВЗАННЯ.

Рух за рахунок згинання тіла характерний для більших мешканців пелагіалі, зокрема риб і ссавців.

В одних випадках (п'явки, немертини) він відбувається у вертикальній площині, в інших – у горизонтальній (личинки комах, риби, змії, ссавці), у третіх – гвинтоподібно (деякі поліхети).

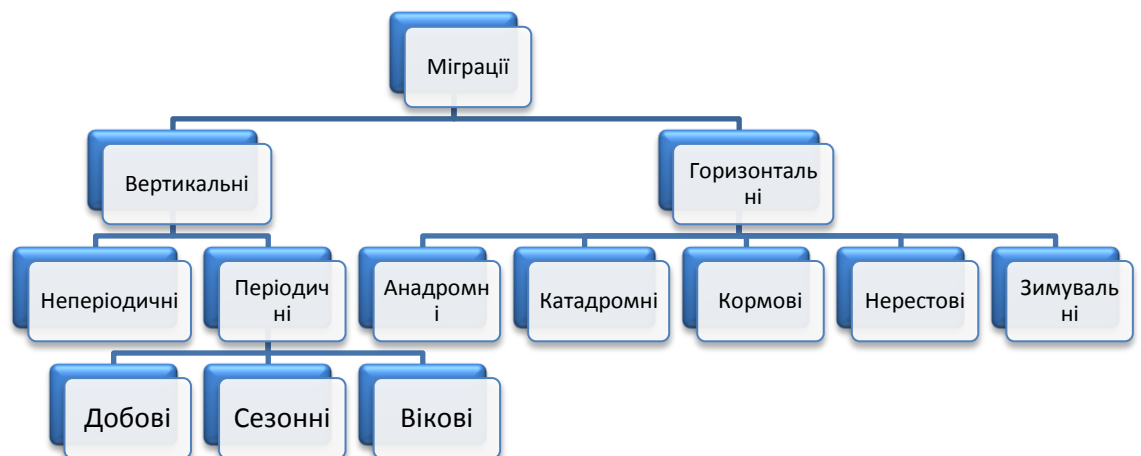
При першому типі руху граничні швидкості виявляються найменшими. Гвинтоподібне згинання тіла дозволяє досягати значно більших швидкостей.

Для багатьох нектонів, зокрема риб, характерна уроджена РЕОРЕАКЦІЯ – рух проти течії, що забезпечує тварині перебування в межах свого місцеперебування. Орієнтація (в основному зорова і дотикальна) відбувається по нерухомих орієнтирах.

До ПОЛЬОТУ здатні багато представників головоногих молюсків та риб. Кальмар *Stenoteuthis bartrami*, довжиною 30–40 см, розігнавшись у воді, може пролітати над нею більше 50 м зі швидкістю близько 50 км/год.

3. Вертикальні та горизонтальні міграції

Популяціям багатьох представників планктону і нектону властиві міграції. МІГРАЦІЇ дозволяють популяції більш маневрово використати життєві ресурси відповідно до мінливої конфігурації їхнього розташування в просторі й часі, а також у зв'язку з мінливими потребами самих організмів.



НЕПЕРІОДИЧНІ – наприклад, опускання планктонних організмів моря під час штормів або після випадання дощів.

ПЕРІОДИЧНІ – належать добові, сезонні й вікові міграції.

ДОБОВІ **вертикальні міграції** властиві як прісноводним, так і морським пелагічним організмам, але в останніх мають більший розмах.

Для правильного розуміння біологічного значення добових вертикальних міграцій необхідно враховувати наступні факти:

1) існують міграції на невелику глибину, що не виводять мігрантів із зони харчування риб;

2) деякі форми вночі піднімаються до поверхні, а інші, часто систематично близькі їм, опускаються;

3) в одному місці в той самий час глибина міграції в деяких мігрантів може розрізнятися на 300-400 м;

4) міграції різкіше виражені в антарктичних водах, де на відміну від субарктичних вод пелагічних риб мало й планктон в основному виїдається китами;

5) багато мігрантів яскраво світяться в темряві, демаскуючи себе, будучи, за висловленням відомого океанолога А. Харді, «ілюміновані, як різдвяний піріг»;

6) пігментовані, більш помітні форми часто мігрують менш інтенсивно, ніж прозорі.

Висловлюється думка, що в умовах прямої температурної стратифікації води добові міграції вигідні енергетично, тому що на глибині в умовах більш низьких температур витрата енергії на ріст і розвиток нижче.

СЕЗОННІ й ВІКОВІ вертикальні міграції відповідно пов'язані із сезонними змінами різних гідрологічних показників, і зі змінами в стані самих організмів.

АНАДРОМНІ – міграції, спрямовані з відкритого моря до його берегів і в ріки.

КАТАДРОМНІ – мають протилежний напрямок.

За біологічним значенням виділяють КОРМОВІ, НЕРЕСТОВІ й ЗИМУВАЛЬНІ міграції, причому вони часто комбінуються.

Горизонтальні міграції нектонів можуть досягати дуже великої довжини. Креветка *Penaeus plebejus* переборює відстані до тисячі й більше кілометрів. Молодь креветки *Penaeus*, що живе в естуаріях південної Флориди, мігруючи на місця відгодівлі, за кілька місяців проходить шлях в 250–300 км.

Гренландські тюлені відгодовуються серед плавучих льодів, а восени мігрують на південь, де розмножуються на льоді й залишаються тут до весни. Грандіозні міграції деяких прохідних риб: 3–4 тис. км долають нерка й чавича, що йдуть на нерест зі східних районів Берингового моря у верхів'я р. Юкон, на величезні відстані мігрують кета, горбуша, сьомга, осетри.

4. Конвергенції при активному плаванні

Для забезпечення швидкості руху в гідробіонтів виробляється ОБТІЧНА форма тіла й розвиваються засоби, що забезпечують керування рухом тіла в горизонтальній і вертикальній площинах. У риб кермом глибини служать плавці й хвіст.

ХВІСТ може бути:

- ізобатичним – лопаті хвостового плавця рівновеликі (тунці, скумбрія й ін.);
- епібатичним – краще розвинена верхня лопать (осетрові, акули);
- гіпобатичним – краще розвинена нижня лопать (летучі риби).

При русі хвостові плавці третього типу створюють силу, спрямовану нагору, другого – спрямовану вниз.

Крім обтічної форми тіла забезпеченню високої швидкості руху сприяють виділення СЛИЗУ, що знижує тертя (риби, головоногі), і специфічна будова шкірних покривів тварин. Встановлено, наприклад, що опір води дельфінові в 10 разів менше, ніж рівновеликій моделі тієї ж форми.

Звичайне обтікання тіла, що рухається, спочатку відбувається так, що в межовому шарі біля тіла течія ламінарна, завихрення відсутні й сила тертя мінімальна. Потім, на деякій відстані, плин у межовому шарі стає турбулентним, виникаючі вихри підсилюють тертя, а біля самого кінця тіла може відбуватися зрив обтікання з утворенням вакууму, що робить сильний опір руху.

Турбулізація плину пов'язана з виникненням коливань у примежовому шарі й затримується ДЕМПФЕРНИМИ (тими, що гасять коливання) системами. У покривах дельфінів, наприклад, демпферування досягається тим, що рідкий жир під тиском епідермісу пересувається в проміжках між пружними волокнами. Перешкоджати утворенню

завихрень можуть і гідрофобні якості шкіри, що підвищують, крім того, швидкість руху, тому що поліпшують ковзання щодо межового шару води.

Плаваючі тварини, як правило, мають НЕГАТИВНУ або ПОЗИТИВНУ плавучість, відповідно до чого повинні мати пристосування, що перешкоджають у першому випадку ЗАНУРЕННЮ, а в другому – ВИШТОВХУВАННЮ з води. У зв'язку із цим тіло тварин з негативною плавучістю, як правило, більш опукло зверху, ніж знизу, у результаті чого під час їхнього руху утворюється підйомна сила, що нейтралізує сили залишкової ваги; у тварин з позитивною плавучістю тіло більш опукло знизу і під час їхнього руху виникає заглиблююча сила, що нейтралізує дію спрямованої нагору гідростатичної сили.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке планктон?
2. Як класифікують планктон за розмірами?
3. Чим зумовлене зниження залишкової ваги?
4. Які форми руху властиві для пелагобіонтів нектонів?
5. Значення міграції та її поділ?
6. Охарактеризувати конвергенції при активному плаванні.

Лекція 5 ЖИТТЄВІ ФОРМИ БЕНТАЛІ ТА ЇХ АДАПТАЦІЇ ДО СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ

Питання:

1. Життєві форми бенталі.
2. Рух бентонтів.
3. Міграції бентонітів.
4. Населення бенталі морів і океанів.
 - 4.1. Кількісний і якісний розподіл бентосу.
 - 4.2. Перифітон.
 - 4.3. Інфауна, онфауна, епіфауна, нектобентос і пелагобентос.
 - 4.4. Псамон.
5. Пристосування гідробіонтів для життя в бентосі й перифітоні.

1. Життєві форми бенталі

БЕНТАЛЬ (грець. benthos – глибина) – екологічна зона Світового океану, область водойм, що заселена донними організмами. В залежності від глибин та віддаленості від берега бенталь поділяється на декілька екологічних зон.

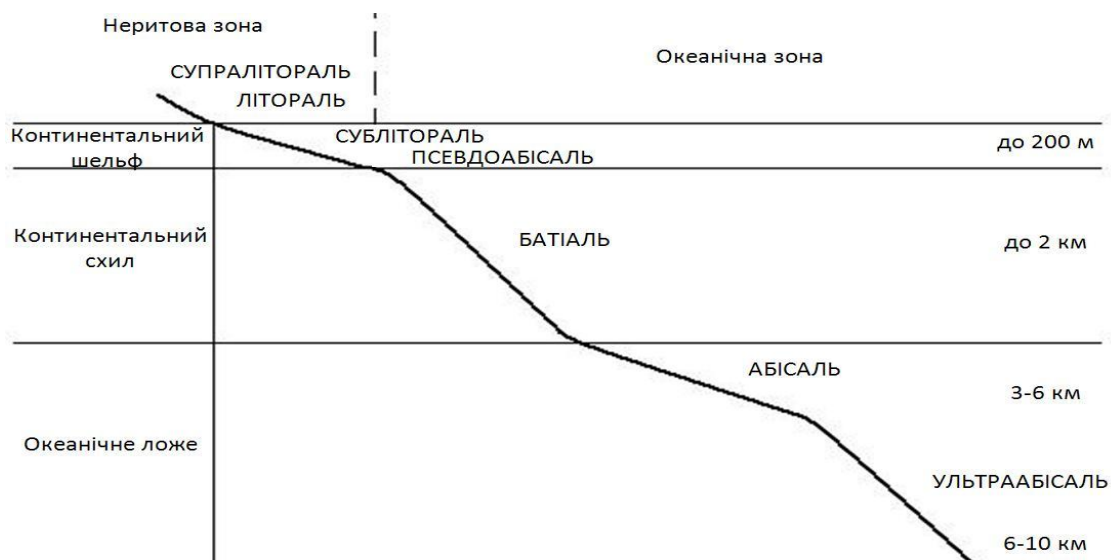


Рис. 1. Вертикальна зальність океану (за Л. С. Константиновим, 1967) [4]

Зони солоних океанічних вод: ЛІТОРАЛЬ (litus – берег) займає зону узбережжя, що періодично заливається водою під час припливів. В деяких морях зона може бути відсутня. СУПРАЛІТОРАЛЬ – зона, що періодично заливається заплеском хвиль і бризками води.

Нижче літоралі виділяють СУБЛІТОРАЛЬ, яка продовжується до нижньої межі розповсюдження донних фотосинтезуючих рослин. Якщо глибина шельфу перевищує 200 м, то виділяють ПСЕВДОАБІСАЛЬ, що простирається до нижньої межі субліторалі.

Континентальний (материковий) схил займає зона БАТІАЛІ, що характеризується слабкою освітленістю, незначними коливаннями температури і солоності води.

На океанічному ложі (2 км) розташована АБІСАЛЬ, яка на глибині 6–7 тис. м переходить в УЛЬТРААБІСАЛЬ – зони майже з повною відсутністю течій, світла і низькою температурою води (близько -2°C), тому життєві форми представлені мікроорганізмами.

Зони бенталі в озерах:

- ЛІТОРАЛЬ – займає узбережжя і відповідає підводній терасі зі слабким ухилом углиб;
- СУБЛІТОРАЛЬ - простирається до нижньої зони розповсюдження водної рослинності і відповідає свалу з більшим кутом ухилу вглиб озера.
- ПРОФУНДАЛЬ - найглибша частині озера.

Зони бенталі в річках:

- РИПАЛЬ - прибережна зону з водною рослинністю;
- МЕДІАЛЬ – відкрита частина річки з меншим заселенням гідробіонтами внаслідок течії.

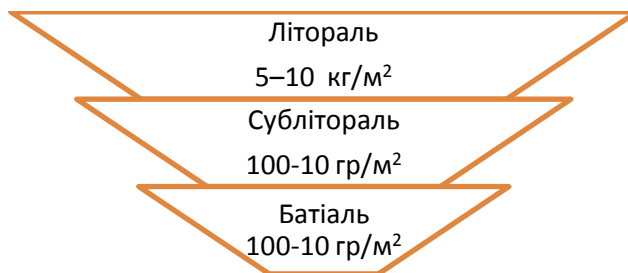
Бентос є екологічним угрупованням мешканців дна водних об'єктів. В його склад входять бактерії, рослини, безхребетні тварини, молюски, ракоподібні та інші групи гідробіонтів. У складі морського зообентосу найбільшу роль відіграють двостулкові МОЛЮСКИ (тридакни), ГОЛКОШКІРІ (морські зірки, морські їжаки та ін.), РАКОПОДІБНІ (омари, лангусти, краби), багатощетинкові хробаки – ПОЛІХЕТИ.

Класифікація бентосних організмів



ПЕРИФІТОН (А. Л. Бенінг, 1924 р.) або ОБРОСТАННЯ (Е. Гентшель) – тварини і рослини, що живуть у товщі води на живих і мертвих субстратах, піднятих над дном, незалежно від їхнього походження й ступеня рухливості.

Видове різноманіття і біомаса бентосних організмів закономірно знижуються зі збільшенням глибини. Як показують розрахунки, у шельфовій зоні морів – 8 % від загальної площі дна Світового океану, біомаса бентосних організмів становить близько 60 % біомаси всього океанічного бентосу [3; 4].



Якісний і кількісний склад бентосу прісних водойм значно бідніше, ніж морських.

2. Рух бентонтів

За ступенем рухливості серед бентосних і перифітонних організмів виділяються форми:

- ВАГІЛЬНІ – бродячі;
- СЕДЕНТАРНІ – лежать на ґрунті, не здійснюючи переміщень;
- СЕСИЛЬНІ – прикріплені.

Характерні ознаки руху бентонів: слабо виражена рухливість - в дорослому стані вони особливо малорухливі, можуть спливати і розноситися течіями (молюски, олігохети та ін.), а молодняк навпаки – веде пелагічний спосіб життя); мала адаптація до пасивних переміщень.

Залишаючи ґрунт, бентонти можуть:

- перебувати в товщі води, спливаючи до її поверхні;
- пересуватись у горизонтальному напрямку за допомогою греблі кінцівками, згинання тіла або іншим способом.

Велику роль відіграють і тип ґрунту, якщо твердий кам'янистий, то на ньому утримуються і пересуваються більші організми, якщо м'який – менші. Навіть особини одного виду можуть мати різні розміри залежно від ступеня твердості ґрунту, на якому вони живуть. Так, в Азовському морі двостулковий молюск *Abra ovata* на твердих ґрунтах (пісок і ракуша) має товсту раковину й досягає 25 мм довжини. На мулі його довжина не перевищує 20 мм, а раковина стає тонкою й прозорою.

Рух гідробіонтів по поверхні твердого субстрату відбувається шляхом БІГАННЯ АБО ХОДІННЯ, ПОВЗАННЯ і СТИБАННЯ.

Біг і ходьба	<ul style="list-style-type: none"> • Властиво ракоподібним, водним комахам і їхніми личинкам, павукоподібним і хребетним - тварини, що живуть в морській літралі.
Повзання	<ul style="list-style-type: none"> • Амебоїдні рухи (корененіжки) • Перистальтичні скорочення тіла (хробаки) • Рух кінцівок (личинки ряду комах, комахи) і війок (інфузорії, хробаки, молюски) • Підтягування тіла послідовним перенесенням його вперед (п'явки, голкошкірі) • Чіпляння за водорості сильно видозміненими грудними й черевними плавцями (морські коники) • Обхопивши водорості грудними плавцями, що викидають уперед і підтягують все тіло, підштовхуючи його хвостом (риба-стрибун <i>Periopthalmus sp.</i>)
Стрибки	<ul style="list-style-type: none"> • Стрибки з опорою на передній край ноги і вузьку кришечку, що лежить на середній частині ноги (молюски <i>Strombidae</i>) • Стрибки за рахунок різкого згинання тіла (креветки)

У ґрунті тварини здійснюють переміщення:

- розсовуючись між частинками ґрунту (характерно для дуже дрібних організмів, що володіють нитковидним тілом, – багатьох інфузорій, коловороток, гастротрих, нематод, личинок двокрилих);
- заковтуючи з наступним викидом через анальний отвір.

У піщанистому ґрунті, з розмірами частинок менше 0,1 мм, капілярні ходи дуже малі, тому інфауна майже відсутня.

Для багатьох представників бентосу характерне явище «ХОМІНГА» – повернення в місце постійного перебування. Залишаючи свої притулки заради харчування або інших цілей, тварини щораз повертаються «додому», керуючись роботою самих різних органів почуттів. Особливо характерний хомінг для молюсків і вищих раків.

3. Міграції бентонів



ГОРИЗОНТАЛЬНІ МІГРАЦІЇ відіграють важливу роль у життєдіяльності бентосних організмів.



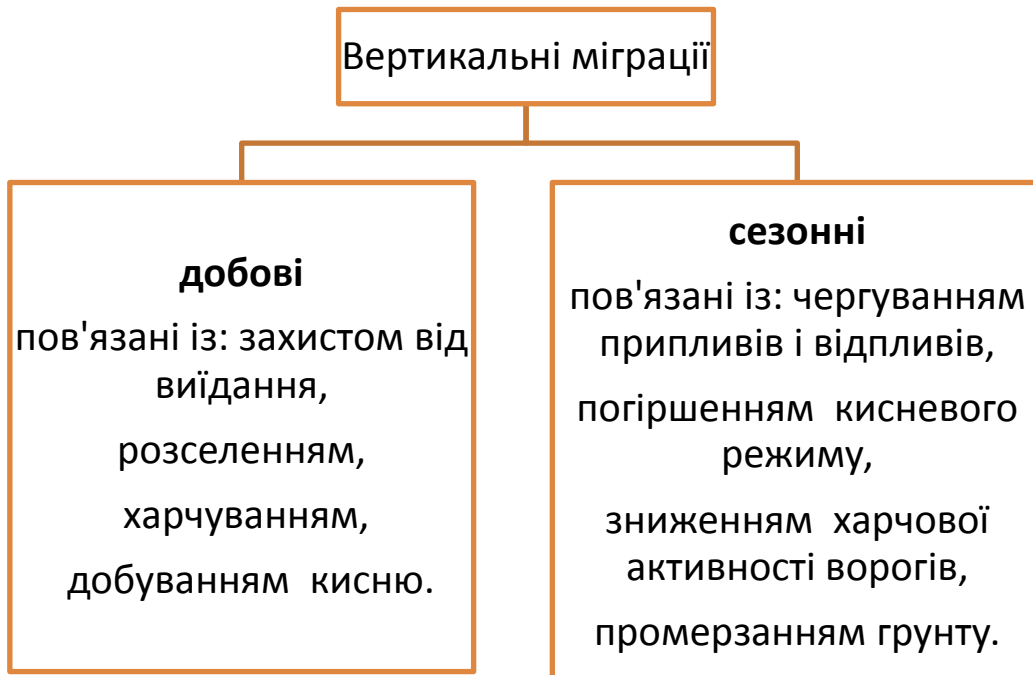
Горизонтальні міграції на ґрунті ДЛЯ ВІДГОДІВЛІ здійснюють великі ракоподібні – креветки, краби, омари, лангусти. Вони рухаються в напрямку прибережжя.

Деякі бентосні організми восени здійснюють рух від прибережної зони до відкритого моря, а навесні з місць зимівлі знову повертається в прибережні води. До них відносять КАМЧАТСЬКОГО КРАБА *Paralithodes camtschatica*, який подорожує 200 км; АМЕРИКАНСЬКОГО ОМАРА, що зимує на глибинах близько 180 м, і деякі інші ракоподібні. ЛАНГУСТИ *Panulirus argus*, роблячи масові міграції, утворюють ланцюжки з десятків особин, які рухаються один за одним, торкаючись абдомена або хвоста попереднього антенами або преоподами; масові міграції відбуваються восени з початком штормів зі швидкістю 1 км/год протягом декількох днів [3; 5].

Горизонтальні переміщення на глибини бентос здійснює ДЛЯ РОЗМНОЖЕННЯ. До них відносяться: китайський КРАБ, КРЕВЕТКА *Crangon crangon*, КАМБАЛА *Pleuronectes platessa*, личинки комах, олігохети, молюски й ракоподібні.

Горизонтальні міграції бентос здійснює ДЛЯ ЗМІНИ НЕПРИВАБЛИВИХ ПО ТИХ ЧИ ІНШИХ ПРИЧИН БІОТОПІВ. Такий рух здійснюють вниз за течією струмків і річок багато ракоподібних і личинок комах. А ось донні форми піднімаються в товщу води й, пропливши за течією деяку відстань, осідають на новому місці. Як правило, підйом у товщу води відбувається вночі, коли небезпека видання нижче. Велике значення для масових переміщень донних організмів у товщу води має світло, що грає роль сигнального фактора.

ВЕРТИКАЛЬНІ МІГРАЦІЇ в товщі ґрунту носять добовий і сезонний характер.



На прикладі бентосних організмів Каспійського моря можна зазначити наступне. Інфузорії вночі концентруються у верхніх шарах ґрунту (0–4 см), удень максимум їхнього знаходження зміщається в більше глибокі шари (6–10 см); взимку інфузорії теж переміщуються в більш глибокі шари ґрунту. Перифітон характеризується таким ж рухом – вночі мігрують до поверхні води, а вдень – осідання на залишені субстрати.

Міграції інфауни на піщаній морській літоралі простежуються у зв'язку із чергуванням припливів і відливів. Взимку олігохети, личинки хірономід переміщуються в поверхневі шари ґрунту, що пов'язано з погіршенням кисневого режиму й зниженням харчової активності ворогів. А ось личинки деяких комарів уникаючи зимове промерзання ґрунту, ще більше закопуються у нього.

4. Населення бенталі морів і океанів

4.1 Кількісний і якісний розподіл бентосу

Представники донної флори:

- бактерії;
- гриби;
- фітобентос: водорості, деякі квіткові рослини;
- зообентос: найпростіші, хробаки, вищі ракоподібні, червононогі й двостулкові молюски, голкошкірі.

БАКТЕРІОБЕНТОС зустрічається на всіх глибинах. На мілководді їх видовий склад більш багатий, а із просуванням углиб ґрунту - менший, причому в сотні й тисячі разів.

ГРИБИ переважно представлені фікоміцетами, серед яких найбільш численні сапрофітні форми. Їхня кількість досягає декількох десятків тисяч в 1 м² ґрунту.

ФІТОБЕНТОС представлений бурими (зустрічаються найчастіше), червоними і зеленими водоростями, а також деякими квітковими рослинами.

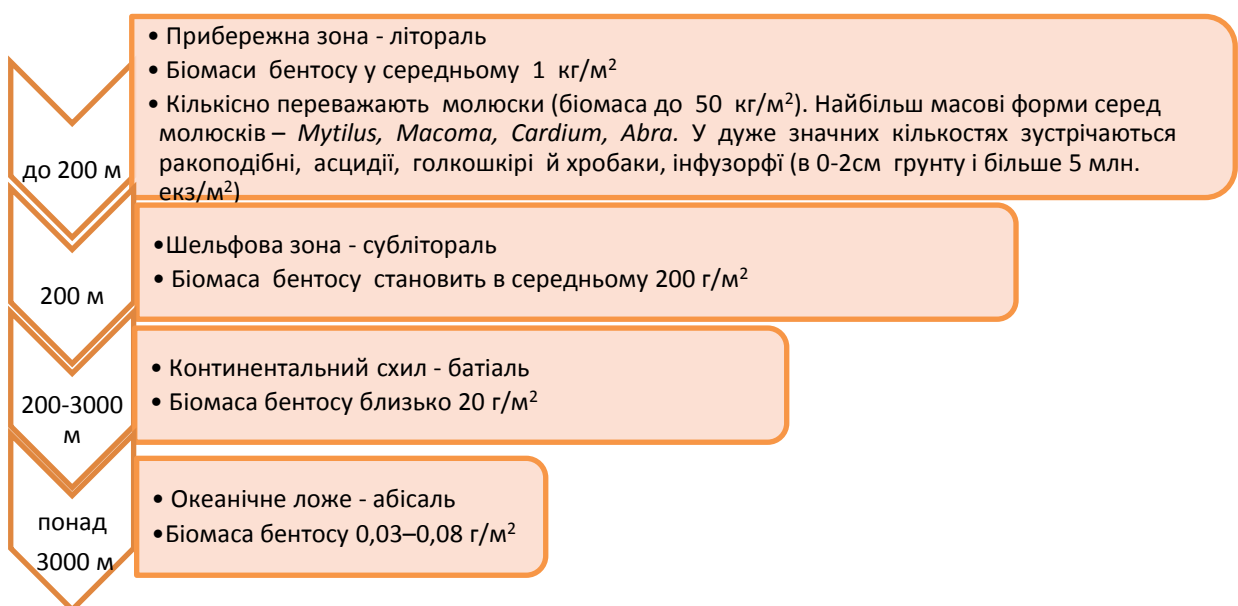


Сумарна кількість фітобентосу у Світовому океані оцінюється приблизно в 200 млн. т.

У північних морях, із просуванням на схід, в міру того як температурні й льодові умови стають більш суворими, спостерігається видове збідніння фітобентосу. У високих арктичних широтах в області постійної дії плавучих льодів літораль практично позбавлена фітобентосу і лише на глибині 4–5 м зустрічаються окремі таломі *Fucus evanescens*. У тропічних морях на літоралі і у верхньому горизонті субліторалі фітобентос, як правило, відсутній, за винятком місць із постійним і сильним прибоєм (через сильне прогрівання води й ґрунту (під час відливів), а також зі шкідливим впливом занадто яскравого сонячного опромінення). Певна закономірність у розподілі фітобентосу простежується у зв'язку з різною здатністю водоростей протистояти руху води, що вириває рослини із ґрунту [2; 3; 4].

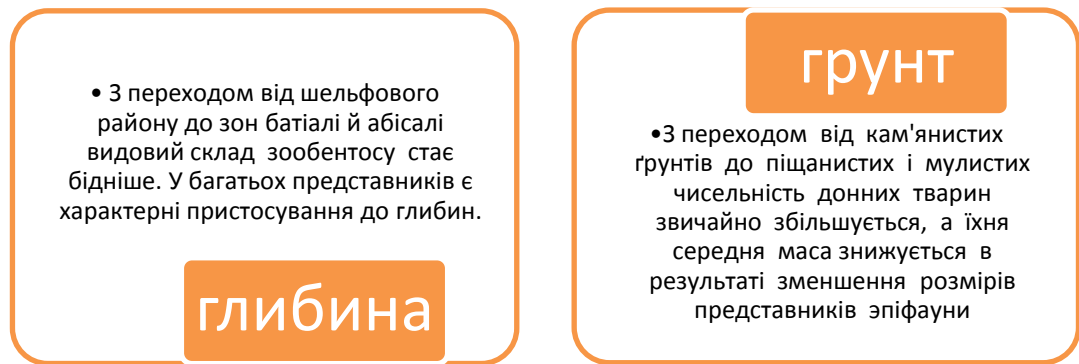
ЗООБЕНТОС представлений різноманітними групами тварин. Винятково донний спосіб життя ведуть у дорослому стані всі представники губок, моховинок, плечоногих і майже всі голкошкірі.

Сумарна кількість зообентосу у Світовому океані оцінюється приблизно в 10 млрд. т.



Бентос морів найбільш багатий видами вищих ракоподібних, молюсків, поліхетів, моховинов, гідроїдних, голкошкірих, тунікатів та інфузорії.

На кількість представників зообентосу впливає глибина та тип ґрунту.



За рахунок представників ІНФАУНИ загальна біомаса бентосу на м'яких ґрунтах може бути вище, хоча біомаса тварин ЕПІФАУНИ тут нижче, ніж на твердих ґрунтах.

4.2. Перифітон

ПЕРИФІТОН – поселення гідробіонтів на поверхні занурених у воду твердих предметів у вигляді твердих обростань на різних субстратів – днищ кораблів, трубопроводів, водозабірних споруджень, занурених у воду конструкцій, каменів, скель, поверхні тіла морських тварин.

Серед прикріплених організмів обростань можна спостерігати вільноплаваючих або плазуючих гідробіонтів.

Перифітонти розмножуються переважно з утворенням вільноплаваючих стадій (спори, планктонні личинки), що сприяють їхньому розселенню у водоймах. У заростях водяних рослин і бентосних водоростей-макрофітів формуються специфічні багатокомпонентні біоценози – ЗООФІТОС. До його складу входять бактерії й планктонні безхребетні, зокрема численні комахи і їх личинки, молюски. У цих умовах проходить ранні стадії розвитку – ікра деяких риб і земноводних. Ними харчуються мальки риб.

До складу перифітона входять:

- діатомові й інші водорості;
- гриби;
- найпростіші;
- губки;
- моховинки;
- хробаки;
- молюски;
- вусоногі раки та інші безхребетні.

Спочатку субстрати покриваються слизовою плівкою з мікроорганізмів. Потім на них осідають водорості, личинки й дорослі форми безхребетних тварини (ракоподібні, молюски, гідроїди, губки й інші). Покрив з організмів, що прикріплюються, полегшує знаходження в перифітоні рухливих форм.

Особливості розвитку та розміщення перифітону на субстратах



4.3. Інфауна, онфауна, епіфауна, нектобентос і пелагобентос

Зообентос представлений ІНФАУНОЮ, ОНФАУНОЮ, ЕПІФАУНОЮ, НЕКТОБЕНТОСОМ і ПЕЛАГОБЕНТОСОМ.



Комплекс організмів, здатних перезимувувати в товщі льоду, одержав назву ПАГОН.



a)



б)



в)



г)



д)

Рис. 2. Представники зообентосу: а) інфауни – Офіура *Ophiomaza cacaotica*; б) онфауни – Морський гребінець *Swiftopecten swiftii*; в) епіфауни – Морська зірка *Solaster stimpsoni*; г) нектобентосу – Молюска *Pholas dactylus*; д) пелагобентосу – Морський рачок *Gammarus roeseli*.

4.4. Псамон

ІНТЕРСТИЦІАЛЬНІ ВОДИ. Волога, що знаходиться між окремими піщинками, зустрічається не тільки в ґрунтах поблизу водойм, але й на значному віддаленні від них, наприклад у пустелях Середньої Азії. Ходи між окремими піщинками можуть бути заповнені солоною або прісною водою. Перший випадок найбільш звичайний для пісків морських пляжів і донних відкладів морів, другий – для узбережжя прісних водойм і в пісках під їхнім ложем. Істотно розрізняються між собою за фізико-хімічними умовами і своєму населенню поверхневі й глибинні інтерстиціальні води [2; 3].

Поверхневі інтерстиціальні води

Температура ґрунтової води помітно мінється протягом дня й протягом року. Атмосферні опади, просочуючись крізь пісок, надають інтерстиціальним водам відомий ступінь проточності, помітно впливають на їхній сольовий склад і газовий режим. На глибині кілька сантиметрів проникає сонячне світло, що уможливає існування тут фотосинтезуючих рослин.

Глибинні інтерстиціальні води

Висока термостабільність, низькі температури, відсутність світла й часто висока мінералізація. Виділяють особливий біотоп гіпореал – шар піску під ложем рік і струмків, заповнений водою, що просочується сюди - тут більше кисню, вище проточність води й більш сприятливі умови харчування.

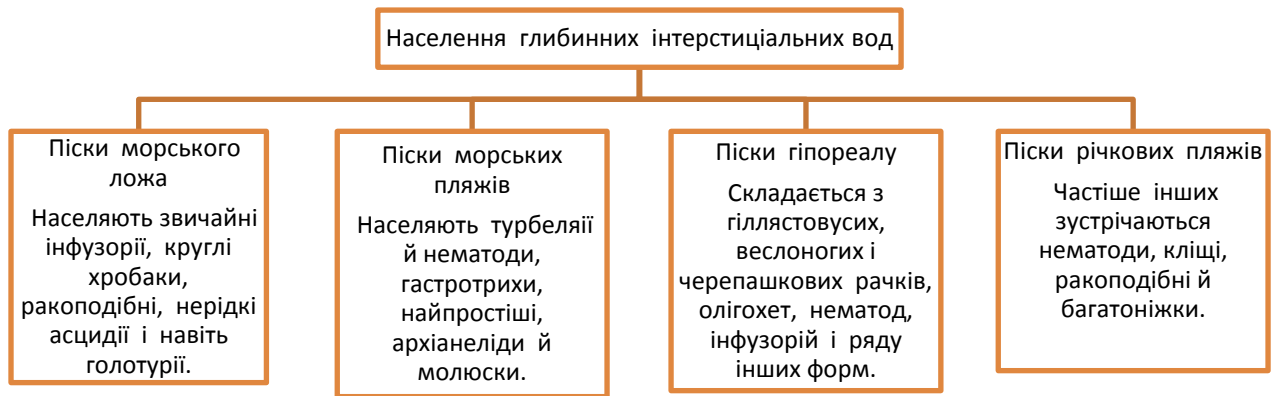
Населення поверхневих інтерстиціальних вод, що заповнюють простори між піщинками, одержало назву ПСАМОН.

Типовий розріз піску, населеного псамонтами, представлений (зверху донизу):

- незабарвлений шар – товщина коливається від декількох міліметрів до 15 см;
- зелений – у межах від декількох міліметрів до декількох сантиметрів;
- бурий;
- попелястий;
- незабарвлений шари.

Основна маса псамонтів зосереджена в зеленому шарі, де багато фотосинтезуючих рослин і сприятливі харчові умови для тварин. З водоростей у цьому шарі в значних кількостях присутні діатомові, протококові й синьо-зелені. Представники останніх, особливо *Phormidium* й *Oscillatoria*, в основному й обумовлюють зелене забарвлення піску. Навіть 10-15 см піску, що лежить на забарвленому шарі, не виключають розвитку в останньому фотосинтезуючих водоростей. Чим інтенсивніше сонячна радіація, тим під більш товстим шаром незабарвленого піску може лежати зелений шар псамону. Із тварин у зеленому шарі найбільш часто зустрічаються інфузорії, коловертки, в'їчасті, круглі й малощетинкові хробаки, слабкіше зеленого шару заселені інші горизонти піску.

Населення глибинних інтерстиціальних вод залежно від їхнього місцезнаходження має різний склад.



У фауні пісків Каракумів знайдені багатокамерні корененіжки, які поза морськими водами звичайно не зустрічаються.

Один з найважливіших факторів, що визначає умови існування населення інтерстиціальних вод – гранулометричний склад пісків. Там, де піщинки дуже дрібні й щільно прилягають одна до одної, умови для життя порівняно великих організмів непридатні. Зі збільшенням розміру піщинок простору між ними стає більше, і тварини одержують можливість перебувати й пересуватися в порожнечах, що утворюються.

Представники інтерстиціальної фауни відрізняються малими розмірами (не більше декількох міліметрів), укороченими кінцівками і змієподібним тілом, що полегшує їм пересування у вузьких проходах між окремими піщинками.

5. Пристосування гідробіонтів для життя в бентосі й перифітоні

Пристосування гідробіонтів до бентосного й перифітонного способу життя:

- розвиток засобів для утримання на твердому субстраті,
- захист від поховання осідаючою суспензією,
- вироблення найбільш ефективних способів пересування.
- пристосування до тимчасового переходу до планктонного способу життя, що забезпечує малорухомим формам можливість переміщень в розселенні або зміні біотопу.

УТРИМАННЯ НА ТВЕРДОМУ СУБСТРАТІ. Для організмів бентосу й перифітону істотно збереження своєї приуроченості до того або іншого біотопу всупереч різним силам зсуву (руху води, гравітаційні сили й ін.). Протистояння переміщенням досягається підвищенням питомої ваги, прикріпленням до субстрату, заглибленням у нього і в деякі інші способи [2; 3].

ПІДВИЩЕННЯ ПИТОМОЇ ВАГИ звичайно досягається утворенням важкого масивного кістяка, завдяки якому гідробіонти не переміщуються на субстраті навіть порівняно сильними течіями. Такий, наприклад, кістяк є в багатьох голкошкірих, масивні раковини червононогих і двостулкових молюсків, карапакси крабів. У тілі неприкріплених бентосних організмів не зустрічаються повітрявмісні порожнини, значні скупчення жиру.

Наприклад, корененіжка *Diffugia limnetica*, що веде влітку пелагічний спосіб життя, має у своїй протоплазмі газові вакуолі, а восени, переходячи до бентосного існування, втрачає їх.

ПРИКРІПЛЕННЯ ДО СУБСТРАТУ спостерігається в багатьох рослин, найпростіших, губок, кишковопорожнинних, хробаків, молюсків й голкошкірих, причому воно може бути тимчасовим або постійним.

- Організми можуть багаторазово міняти місця прикріплення протягом життя
- Відносять: п'явки, актинії, молюски та ін.

Тмчасове

Постійне

- Організми не можуть довільно змінювати місце свого знаходження
- Відносять: губки, моховинки, устриці, вусоногі раки та ін.

ЗАГЛИБЛЕННЯ В СУБСТРАТ здійснюється у формі часткового або повного закопування в ґрунт, а також зануренням у тверді породи шляхом їхнього висвердлювання й проточування. Здатність закопуватися в ґрунт притаманна багатьом молюскам (*Venus*, *Mya*, та ін.), голкошкірим, більшості олігохет і поліхет, личинкам багатьох комах і навіть деяких риб.

Наприклад, трубковий вугор, що живе в Червоному морі, звичайно перебуває у воді у вертикальному положенні, чіпляючись заднім кінцем за верхній край нірки й ховаючись у ній у випадку небезпеки. До тимчасового закопування в ґрунт пристосувалися багато крабів, креветки, головоногі молюски, морські зірки, деякі риби (наприклад, камбала). Занурюються в тверді субстрати, руйнуючи їх механічно або хімічно (розчинення кислотами), деякі губки, молюски, ракоподібні, голкошкірі та інші організми. У ряду форм фіксація досягається сплюсненням тіла, утворенням усіляких виростів, що підсилюють зчеплення організмів із ґрунтом, побудовою прикріплених до ґрунту або вільно лежачих на ньому будиночків і деякими іншими засобами.

ЗАХИСТ ВІД ЗАСИПАННЯ СУСПЕНЗІЄЮ. Зваж, що осідає на дно з товщі води, може бути згубною для прикріплених бентонтів, у зв'язку із чим у багатьох з них конвергентно виробляється одна загальна властивість – **ПІДНЕСЕНІСТЬ НАД ҐРУНТОМ**. Це досягається витягуванням самого організму, та у різних видів по-різному.



Прирастають до скель і каменів, до різних твердих предметів й організмів вусоногі рачки, молюски дрейсени, моховинки. Швидке наростання стебел рятує рослини від засипання.

У бентонтів, що живуть на напіврідкому ґрунті, є ряд пристосувань, що попереджають занурення в нього.

До них належать:

- зниження питомої ваги організмів (зокрема, витончення раковин у молюсків і плечоногих);
- «айсбергова адаптація» – занурення частини тіла до більш щільного шару ґрунту;
- «лижна адаптація» – сплюснення тіла;
- зменшення розмірів тіла.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Дайте визначення бенталі та назвіть основні життєві форми бенталі в морських та прісних водах.
2. Які форми серед бентосних і перифітонних організмів за ступенем рухливості виділяють?
3. Які види міграції переважають у бентонтів?
4. Що таке явище «Хомінга»?
5. Що таке перифітон? Особливості розвитку та розміщення перифітону на субстратах.
6. Дайте визначення інфауни, онфауни, епіфауни, нектобентосу та пелагобентосу.
7. Сформулюйте особливості проживання мешканців псамону.
8. Охарактеризуйте пристосування гідробіонтів для життя в бентосі й перифітоні.

Лекція 6

РОЛЬ ТЕМПЕРАТУРИ В ЖИТТІ ГІДРОБІОНТІВ

Питання:

1. Температура як фактор.
2. Значення температури для гідробіонтів.
3. Адаптивні механізми регуляції температури в різних типів гідробіонтів.
4. Вплив температури на фізіологічні процеси гідробіонтів.
5. Населення різних температурних зон Світового океану та континентальних водойм. Вплив температури на просторово-часовий розподіл гідробіонтів.

1. Температура як фактор

Температура, світло, звук та інші коливальні явища впливають на водне населення або безпосередньо, або відіграють роль умовних сигналів.

Сигнальне значення цих факторів можна спостерігати при пересуванні гідробіонтів із прибережної зони, коли її води охолоджуються до деякої граничної величини, у відкрите море, спливанні організмів до поверхні в напрямку до світла або переміщенні у зворотному напрямку під час добових вертикальних міграцій, при настанні розмноження після підвищення або зниження температури до певного рівня.

Температура в природних водах коливається від $-7,75^{\circ}\text{C}$ у деяких сильно мінералізованих озерах до $96,3^{\circ}\text{C}$ у гарячих ключах. У Світовому океані діапазон температур не перевищує 38°C .

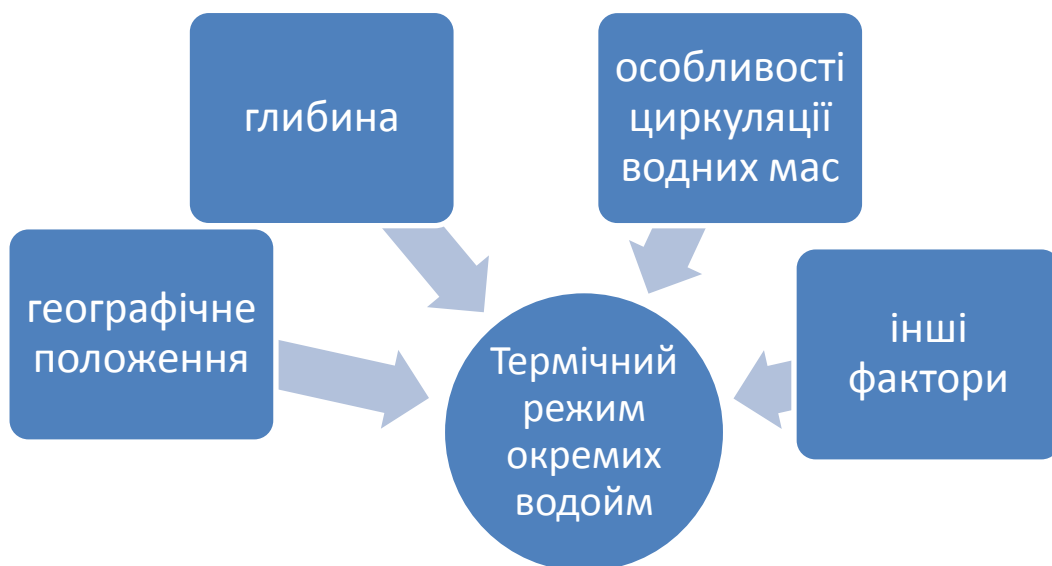


Схема 1. Термічний режим водойм



Схема 2. Надходження тепла у водойму

Надходження сонячної радіації у водойми, що в основному визначає їх терміку, головним чином залежить від їхнього географічного положення – широти місцевості і характерними для неї станами атмосфери, що впливають на ступінь проникнення сонячного світла у воду, випаровування і випадіння опадів.

Улітку поверхневий шар води більш теплий, ніж глибинний, узимку – навпаки. Перехід від більше до менш нагрітих шарів часто відбувається не поступово, а стрибкоподібно, і між ними утворюється шар так званого температурного стрибка, або ТЕРМОКЛІН. Розшарування води на теплу і холодну називається ТЕМПЕРАТУРНА СТРАТИФІКАЦІЯ, а розходження в температурі – ТЕМПЕРАТУРНА ДИХОТОМІЯ.

Розрізняють ПРЯМУ *стратифікацію*, коли більш нагріті шари лежать ближче до поверхні, і ЗВОРОТНУ, коли із просуванням углиб температура підвищується [3; 5; 6].

У випадку інтенсивної вертикальної циркуляції водних мас температурні градієнти вирівнюються, і такий стан отримав назву ГОМОТЕРМІЇ.

Охолодження води відбувається в результаті:



Схема 3. Охолодження води

2. Значення температури для гідробіонтів

Здатність організмів існувати при тих або інших температурах тісно пов'язана із впливом останніх на «слабкі зв'язки», що грають найважливішу роль у біологічних системах.

Ці зв'язки визначають вищі рівні структури білків, структуру мембран і води, взаємодії між ліпідами, ланцюгами нуклеїнових кислот і т.п. Впливаючи на взаємодії, температурні зрушення, зокрема, змінюють швидкість протікання різних метаболічних реакцій і при відсутності ефективної регуляції порушують гомеостаз організмів. Відхилення температур за межі деяких критичних можуть вести до руйнування тих або інших структур в організмах і викликати їхню загибель.

Види, що адаптувалися до існування в широкому температурному діапазоні (більше 10–15°C), називаються, у вузькому – **СТЕНОТЕРМНИМИ**. Останні можуть бути **ТЕПЛОЛЮБНИМИ** й **ХОЛОДОЛЮБИВИМИ**.

3. Адаптивні механізми регуляції температури в різних типів гідробіонтів

Адаптація пойкилотермних гідробіонтів до мінливості температурних умов у гідросфері йде по двох лініях: одна з них – вироблення **ЕВРИТЕРМНОСТІ**, інша – вибір місць перебування зі стійким температурним режимом.

Так, багато безхребетних і риб ідуть восени з вод прибережжя, що охолоджуються, у відкриті зони водойм, а навесні мігрують у зворотному напрямку.

У зв'язку з різними вимогами до температури на різних стадіях онтогенезу може спостерігатися просторова роз'єднаність місць знаходження молодих і дорослих стадій. Звичайно, морські організми менш евритермні, ніж мешканці континентальних водойм, де температурні коливання виражені різкіше. Евритермність гідробіонтів визначається не тільки діапазоном стерпних температур, але також ступенем пригнічення їхньої життєдіяльності з відхиленням умов від оптимальних.

Численні дослідження різних авторів показали, що теплотривкість білків, клітин, органів і організмів у цілому адаптивно пов'язані з термічними умовами існування гідробіонтів.

Так, у зимовий час теплотривкість і температурний оптимум зрушуються у бік низьких температур, улітку – у зворотному напрямку. Теплотривкість клітин морських безхребетних пов'язана із широтним поширенням видів, вертикальним положенням у морі і особливостями екології; вона не пов'язана з філогенетичним положенням виду, а визначається лише температурними умовами його існування.

4. Вплив температури на фізіологічні процеси гідробіонтів

Ще більше екологічне значення, ніж вплив на структуру живого, має температура як фактор, що впливає на рівень метаболізму. Як відомо, з підвищенням температури все більша частина молекул стає реакційноздатною, і швидкість протікання реакцій закономірно зростає, причому набагато швидше, ніж підвищується кінетична енергія всієї сукупності молекул.

При температурах, придатних для життя, ковалентні зв'язки розриваються і утворюються вкрай повільно, і хімічні перетворення, що лежать в основі метаболізму, можливі лише завдяки присутності біологічних каталізаторів. Рівень метаболізму пойкилотермних тварин визначається «інтересами» самих організмів, і температурні впливи, особливо коли вони не носять раптового характеру, у значній мірі знижуються біологічними засобами. Останніх тим більше, чим довше час для пристосування; у евритермних організмів, еволюційно адаптованих до температурних перепадів, акліматизація відбувається швидше, ніж у стенотермних. Стабілізація метаболізму при зміні температури, насамперед, може досягатися збільшенням або зменшенням концентрації ферментів. Інший шлях підтримки гомеостазу – зміна набору ферментів, зокрема поява їхніх варіантів – ізоферментів, що розрізняються по спорідненості до субстратів у різних ділянках температурного діапазону [2; 3; 6].

Підвищення активності ряду ферментів зі зниженням температури відзначено у багатьох видів риб, крабів та інших гідробіонтів. Відповідність температури найбільшої спорідненості ферментів з їхніми субстратами і тієї, яка характерна для місцеперебувань гідробіонтів, відзначена для антарктичних і тропічних риб. Зміна активності існуючих ферментів є основним засобом негайної компенсації температурних впливів на метаболізм. Широкий набір біохімічних засобів для підтримки гомеостазу в умовах коливних температур у сполученні з різними поведінковими й анатомічними адаптаціями значною мірою дозволяє

гідробіонтам здійснювати той рівень обміну, що відповідає їх «інтересам» незалежно від того, в теплих або холодних водах вони живуть. Є форми, що швидко ростуть в арктичних і антарктичних морях, у помірних і тропічних водах.

Майже не залежить від температури обмін у безхребетних літоралі, які протягом доби поперемінно піддаються значному охолодженню і нагріванню. Слабко розрізняється рівень основного обміну в приполярних і тропічних риб, що живуть відповідно при температурах, близьких до 0° і при 25–30°C. Не перетерплює зміни на тих або інших відрізках температурної шкали інтенсивність дихання в багатьох ракоподібних та інших безхребетних.

5. Населення різних температурних зон Світового океану та континентальних водойм. Вплив температури на просторово-часовий розподіл гідробіонтів

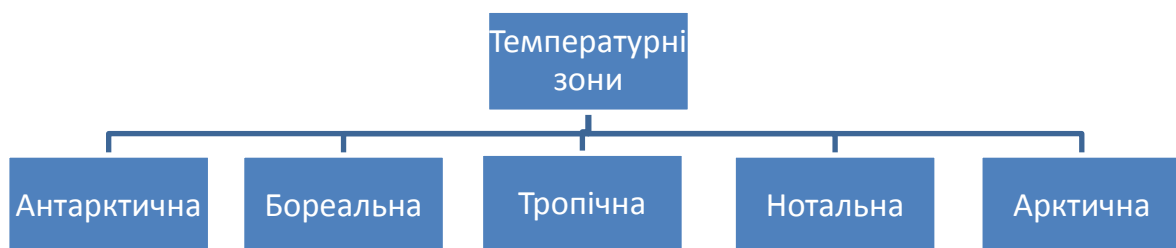
Температура поверхневих океанських вод залежить від:

- їхнього географічного положення
- сезону
- характеру течій і багатьох інших факторів.

У водах тропічних і помірних температура із просуванням у глибину падає, у полярних – трохи підвищується. Значні коливання температури поверхневого шару океанської води спостерігаються в помірних зонах у зв'язку із чергуванням сезонів року. З віддаленням від поверхні ці коливання усе більше згладжуються, і на глибині 300–400 м зникають зовсім.

Термічний режим окремих океанських зон у сильному ступені визначається характером циркуляції водних мас. Наприклад, екваторіальні води, відхиляючись у своїй течії до півночі і півдня, утворюють зону дивергенцій, що йде вздовж лінії екватора. Відтік екваторіальних вод у цій зоні компенсується підйомом холодних глибинних вод. Підйом до поверхні холодних глибинних вод, або апвелінг, спостерігається і вздовж меж, що відокремлюють північну і південну пасатні течії від міжпасатної. Виходи холодних глибинних вод до поверхні мають місце уздовж західних берегів Африки, Індонезії, Австралії і Південної Америки. Пасати несуть звідси поверхневі води, і їхній відтік компенсується виходом глибинних.

У зв'язку з різним рівнем прогрівання поверхневих вод Світового океану в ньому розрізняють (до глибини 500–1000 м) 5 ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН:



Для гідробіонтів має значення не тільки охолодження вод з віддаленням від екватора, але також зміна амплітуди добових і сезонних змін температури. Кожна з температурних зон має характерне населення. Часто види по своєму походженню відносяться до однієї зони, а живуть в іншій. Тоді до їхньої назви по місцю перебування додається приставка, що вказує на зону походження.

Біомаса і чисельність гідробіонтів у напрямку від помірних широт до низьких звичайно знижуються.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Значення температури для гідробіонтів.
2. Що впливає на термічний режим окремих водойм?
3. Яка відмінність температурної стратифікації та дихотомії?
4. За якими ознаками виділяють температурні зони.

Лекція 7 ВОДНО-СОЛЬОВИЙ ОБМІН ГІДРОБІОНТІВ

Питання:

1. Водно-сольовий обмін, значення розчинених солей.
2. Захист від обсихання й виживання у висохлому стані.
 - 2.1. Запобігання обсиханню.
 - 2.2. Зменшення вологовіддачі.
 - 2.3. Виживання у висохлому стані.
3. Захист від осмотичного зневоднювання і обводнювання.
 - 3.1. Вибір осмотично сприятливого середовища.
 - 3.2. Осмоізоляція.
 - 3.3. Осморегуляція.
4. Населення вод різної солоності.

1. Водно-сольовий обмін, значення розчинених солей

Водно-сольовий обмін у водних організмів протікає інакше, чим у наземних, тому що гідробіонти, перебуваючи у воді, випробовують на собі дію осмотичного тиску. Поверхня водних організмів у тім або іншому ступені проникна для різних речовин, тому при гіпо- або гіпертонії середовища для гідробіонтів створюється погроза порушення ГОМЕОСТАЗУ (зміна концентрації й співвідношення окремих іонів, обводнювання й зневоднювання тканин та ін.).

СТАЛІСТЬ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ тіла є однією з найважливіших умов гомеостазу, і тому в гідробіонтів виробився ряд АДАПТАЦІЙ, що дозволяють їм зберігати стабільність водно-сольового обміну. У першу чергу мова йде про забезпечення сталості осмотичного тиску, тобто можливості попередження надлишкового обводнювання або зневоднювання організму, зміни його хімічного складу. При цьому клітини повинні не тільки вміти втримувати велику кількість іонів від зрівноважування із зовнішнім середовищем, але й мати здатність «розпізнавати» різні іони й регулювати їхньої концентрації відповідно до фізіологічних потреб [2; 3].

У найпростішому випадку гідробіонти ІЗООСМОТИЧНІ з навколишнім середовищем, хоча мають інше співвідношення іонів, ніж в останній. Енергія при цьому витрачається тільки на підтримку градієнтів концентрації окремих іонів. Такий тип організації водно-сольового обміну характерний для багатьох морських організмів, в основному мікроорганізмів і безхребетних. При іншому типі регуляції гідробіонти підтримують не тільки специфічне співвідношення окремих іонів, але й певний осмотичний тиск, відмінний від наявного в середовищі. Такий тип, що потребує більшого енергетичного забезпечення, однак створює стабільність не тільки співвідношення, але й абсолютних концентрацій іонів,

властивий прісноводним і високоорганізованим морським організмам. Є істотна різниця в організації водно-сольового обміну в одноклітинних і багатоклітинних організмів. Перші здійснюють регуляторні функції тільки на одній поверхні розподілу – між зовнішнім середовищем і клітиною (Рис. 3). У багатоклітинних крім цього механізму регуляції діє й інший – між клітинами і внутрішніми рідинами, зокрема кров'ю.

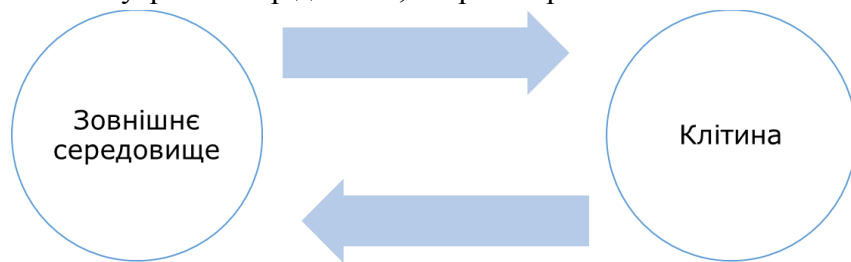


Рис. 3. Організація водно-сольового обміну в одноклітинних організмів

У прісноводних і морських організмів адаптації до водно-сольового обміну відбувались по-різному. Концентрація іонів у тканинах всіх тварин і рослин набагато вище, ніж у прісній воді, тому в мешканців останньої виникли механізми, що дозволяють підтримувати ГОМОЙОСМОТИЧНІСТЬ у різко гіпотонічному середовищі (Рис. 4). Для морських організмів виявилися можливими два шляхи. Перший з них, більш давній, – ІЗОТОНІЯ, при якій вплив фізико-хімічних процесів зводиться до мінімуму. Разом з тим висока сталість концентрації та співвідношення різних іонів у морській воді створюють для гідробіонтів умови, що імітують гомойосмотичність. Інший шлях – забезпечення сталості вмісту в організмі води й окремих іонів за рахунок вироблення відповідних регуляторних механізмів. Такий шлях більш прогресивний, тому що дозволяє не тільки підтримувати стабільність тонічності та співвідношення іонів, але також задавати цим станам оптимальний рівень, чого не дозволяє перший спосіб. Наявність відповідної адаптації, що лежать в основі ЕВРИГАЛІННОСТІ, дозволяє багатьом гідробіонтам існувати в біотопах з нестійким сольовим режимом.

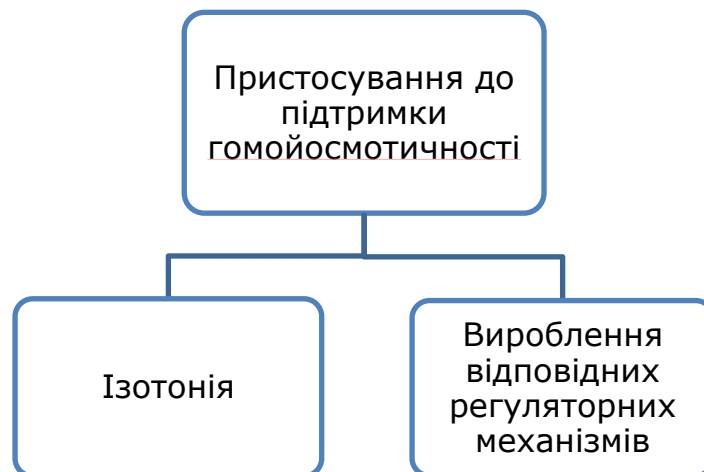


Рис. 4. Пристосування морських організмів до підтримки гомойосмотичності

Захист від осмотичного обводнювання і зневоднювання досягається вибором середовища з тієї або іншою тонічністю, ОСМОРЕГУЛЯЦІЄЮ та ОСМОІЗОЛЯЦІЄЮ. Сталість сольового складу досягається іонною регуляцією, що забезпечує збалансованість процесів надходження й виведення різних іонів з навколишнього середовища. Ряд адаптацій спрямований на забезпечення виживання гідробіонтів при пересиханні водойм, тимчасовому осушенні біотопів (відливи й ін.), виході з води й висиханні.

2. Захист від обсихання й виживання у висохлому стані

Захист від обсихання на повітрі у гідробіонтів, з одного боку, досягається тим, що вони уникають умов, що загрожують обсиханням, а з іншого боку – тим, що знижують вологовіддачу у випадку перебування поза водою (Рис. 5). Якщо обсихання стає звичайним у житті гідробіонтів і до того ж триває довго, як це часто спостерігається в мешканців тимчасових водойм, то в деяких організмів виробляються пристосування до переживання несприятливих умов в анабіотичному стані, що супроводжується майже повною втратою води.

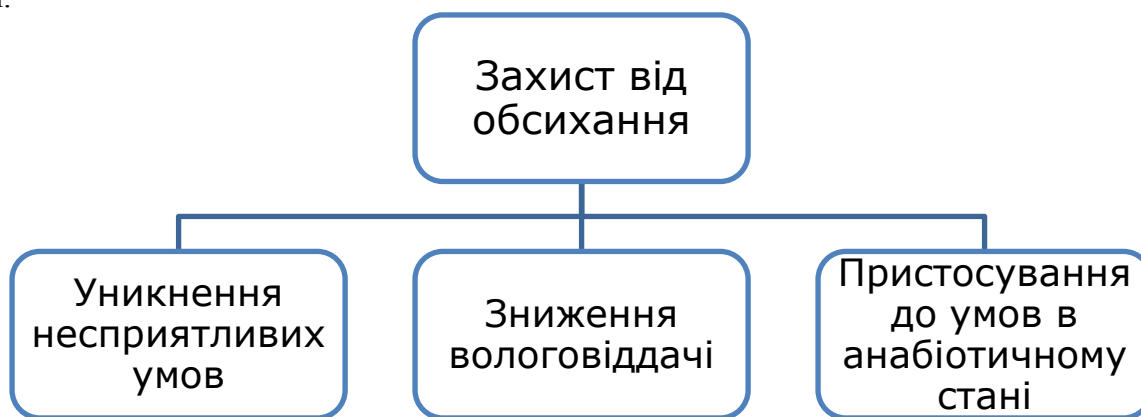


Рис. 5. Пристосування гідробіонтів до захисту від обсихання

2.1. Запобігання обсиханню

Попередження обсихання в багатьох гідробіонтів досягається, насамперед, завчасним відходом від місць, що піддаються осушенню. У прісних водах, під час зниження рівня води, личинки бабок, поденок і комарів, а також деякі молюски та інші тварини залишають прибережжя, коли глибина води падає тут до декількох сантиметрів. Якщо рівень знижується занадто швидко, і багато гідробіонтів не встигають піти завчасно, тоді вони намагаються впливати за відступаючою водою, і часто їхні зусилля виявляються успішними, особливо в похмуру погоду. Наприклад, більшість молюсків уніонід встигають іти слідом за відступаючою водою, якщо швидкість оголення дна не перевищує 2,5 см/год. У морях під час відливу багато літоральних тварин переміщуються в сублітораль [2; 3].

Якщо тварини не йдуть із водою і залишаються на вологому березі, що обсихає, то, як правило, рятуються від згубного висихання. Морські літоральні тварини після відливу ховаються під камені, де залишаються невеликі скупчення води, а затіненість місця знижує випаровування. В інших випадках тварини зариваються в пісок, або, закриваючи стулки раковин (молюски, вусоногі раки), зберігають запас води до наступного припливу. Особливо широко поширене закопування в ґрунт у прісноводних тварин, що залишаються поза водою. Глибина закопування може варіювати від декількох сантиметрів до 30–40 см і більше, як це спостерігається в деяких олігохет і личинок комарів. Риби, наприклад в'юни, африканський лускатник і деякі інші, можуть закопуватися на глибину більше 1 м. Закопування в ґрунт відомо у водних клопів, личинок бабок, личинок комарів, у п'явок, олігохет, у червононогих молюсків, у двостулкових молюсків і навіть у деяких планктонних рачків, наприклад в *Diacyclops* і *Megacyclops*. Про ефективність закопування в ґрунт як способу захисту від висихання свідчить збереження життєздатності молюсками протягом року й більше після осушення водойми. В області розливу Дунаю після спаду його вод поверхня ґрунту висихає

настільки, що по ній вільно їздять, а в глибині перебувають в'юни, що перечікують посуху. На о. Шрі-Ланка можна ловити рибу в сухих западинах через кілька днів після випадання дощів, тому що водойма, яка утворилася, наповнюється рибою, що виходить із товщі ґрунту.

Стійкість до висихання найбільшою мірою виражена у форм, які регулярно піддаються дії цього фактора.

2.2. Зменшення вологовіддачі

В умовах обсихання, що вимагають скорочення втрат води до мінімуму, вологовіддача може знижуватися, насамперед шляхом утворення щільних зовнішніх покривів, якими володіють багато молюсків, членистоногі, голкошкірі, хробаки та інші тварини. Найпростіші під час висихання утворюють щільні цисти і зберігаються в них живими багато місяців і років. У водних комах, що живуть в умовах періодичного обсихання, посилено розвивається кутикула (Рис. 6). Серед молюсків високою стійкістю до обсихання відрізняються передньозяберні черевоногі, що мають кришечку. Завдяки цьому втрата води тваринами знижується до мінімуму і молюски стійко переносять навіть тривале обсихання. Серед легеневих деякі види виробили здатність до виділення слизової плівки, що не тільки закриває устя раковини, але одночасно приклеює його до субстрату.



Рис. 6. Пристосування гідробіонтів до зменшення вологовіддачі

У початкову фазу висихання деякі молюски здатні до ритмічного стиску газу в легенях до 1,5–2 атм. Підвищення тиску, що забезпечується скороченням стінок легені і втягуванням тіла в раковину, збільшує ступінь використання кисню, завдяки чому трохи знижується вологовіддача. Встановлено, що підвищення концентрації солі в тілі катушки *P. planorbis* веде до зниження посухостійкості і, разом з тим, у періоди, що передують висиханню водойм, спостерігалось зниження концентрації солей у гемолімфі цієї тварини. Темп втрати води в умовах обсихання звичайно поступово знижується. Літоральні молюски

Nerita у перші дні перебування на повітрі втрачають щодоби до 4–10% ваги м'яких тканин, потім втрати знижуються до 1,9 і 0,6%.

2.3. Виживання у висохлому стані

У ряду гідробіонтів виробилися адаптації до переходу в анабіотичний стан, коли збереження в тілі потрібної кількості води стає неможливим. Перебувати у висохлому стані протягом декількох тижнів, місяців і навіть років здатні найпростіші, коловертки, тихохідки, нематоди, личинки комах. Так, тіло коловерток може, висихаючи, зменшуватись до 1/3 – 1/4 свого нормального обсягу, і в такому стані тварини залишаються живими протягом багатьох місяців і років. Чим довше тварини перебувають у висушеному стані, тим більший строк перебування у вологому середовищі потрібний для їхнього переходу в активний стан. Деякі нематоди, будучи зовсім висушеними, переходять до активного життя тільки тією частиною тіла, що змочується, у той час як суха частина, що залишається, продовжує перебувати у стані анабіозу.

Серед личинок комах дивною здатністю до висихання відрізняються личинки комара *Dasyhelea geleiana*, що живуть у калюжах Угорщини. Після висихання калюж вони зариваються в детрит, який під променями сонця перетворюється в пил, і в ньому перебувають висохлі зморжені личинки, виживаючи в такому стані до півроку. Здатність виживати під час відсутності води особливо характерна для мешканців пересихаючих прісних водойм. Це не тільки адаптація до виживання в умовах обсихання, але й вкрай важливе пристосування до широкого розселення форм, що живуть у маленьких ізольованих водоймах. Цисти або інші стійкі стадії гідробіонтів (спочиваючі яйця ракоподібних і коловерток, статобласти моховинок, гемули губок та ін.), що витримують існування у висохлому стані місяці й роки, можуть переноситися на величезні відстані вітром разом із пилом висохлого ґрунту, на ногах водоплавних птахів, або іншим чином, і у такий спосіб проникати в інші водойми [2; 3].

3. Захист від осмотичного зневоднювання і обводнювання

Існування осмотичних градієнтів між тканинами гідробіонтів і навколишньою водою створює небезпеку або зневоднювання тіла організмів, або його надлишкового обводнення. Чим різкіше осмотичні градієнти, тим ця небезпека більше. Здатність уникати гідратації в прісній воді й дегідратації в морській лежить в основі ЕВРИГАЛІННОСТІ гідробіонтів.

Серед морських організмів тільки деякі – кишковопорожнинні й голкошкірі – мають тонічність навколишньої води. Злегка гіпертонічні пріапуліди, кільчасті хробаки, молюски, плечоногі, більшість ракоподібних; гіпотонічні мізиди, креветки й більшість крабів, а також всі хребетні. Всі прісноводні тварини різко гіпертонічні.

Пристосування гідробіонтів до захисту від осмотичного зневоднювання або обводнення насамперед зводяться до запобігання середовища із різко відмінними умовами солоності, як це спостерігається у стеногалінних форм. В евригалінних гідробіонтів регулювання водного обміну може досягатися частковим або повним усуненням осмотичного тиску за рахунок утворення непроникних покривів (ОСМОІЗОЛЯЦІЯ), зведенням до мінімуму різниці в тонічності тканин і навколишньої води або протиставленням осмотичному тиску механічного. Якщо ці шляхи не реалізовані або недостатньо ефективні, евригалінні організми можуть існувати, протиставляючи

осмотичному тиску води інший, що йде в протилежному напрямку й компенсує по своїй величині перший (Рис. 7). Завдяки цьому приплив або відтік води під дією фізико-хімічних сил знімається фізіологічною роботою, спрямованою на збереження водного балансу. Якщо захист від осмотичного зневоднювання неможливий, багато організмів, втрачаючи вологу, впадають в анабіоз.

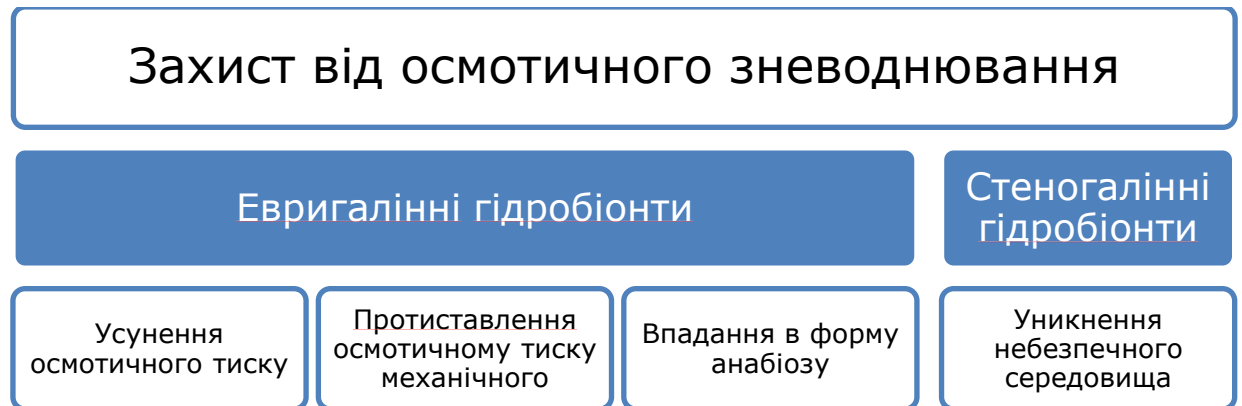


Рис. 7. Захист від осмотичного зневоднення у евригалінних та стеногалінних гідробіонтів

Перекачування організмом води в напрямку, протилежному осмотичному току, викликає додаткові енергетичні витрати і є не вигідним. Однак і інші захисні засоби не бездоганні. Ущільнення покривів, що послабляє осмотичний тиск, знижує дифузію через них кисню й CO_2 , тобто погіршує умови дихання. Зведення до нуля осмотичних градієнтів за рахунок ототожнення концентрації солей у своєму тілі з тією, яка має місце в навколишній воді, не вигідно, оскільки солоність води варіює, і, отже, гомеостаз організмів порушується. Тому вироблення тих або інших засобів регулювання водного обміну в різних гідробіонтів пішли в різних напрямках, що забезпечують найбільшу ефективність пристосувань до конкретних умов перебування і біологічних особливостей організмів.

3.1. Вибір осмотично сприятливого середовища

Вибір середовища з потрібною тоничністю особливо чітко проявляється у тих організмів, які живуть у воді із солоністю, що варіює, не маючи досить потужних механізмів регуляції водного обміну. Вибір осмотично сприятливого середовища знаходить своє відбиття, насамперед у приуроченості тих або інших гідробіонтів до місцеперебувань із певною солоністю. Прісноводні форми уникають солонуватих і морських вод, солонуватоводні не селяться в прісних і морських водоймах, морські – у солонуватих і прісних. Із цієї причини, наприклад, радіолярії, головоногі, сифонофори і морські їжаки не проникають із Середземного моря ($S = 35\text{‰}$) у Чорне ($S = 17\text{‰}$).

В умовах мінливої солоності багато організмів переміщуються таким чином, щоб увесь час залишатися в осмотично постійному середовищі. Радіолярії *Acantharia*, що живуть у поверхневому шарі морів, після випадання дощів пересуваються на глибину до 100 м і більше, подібні занурення в глибину спостерігаються в рачків *Calanus*, *Oithona* і багатьох інших тварин. Багато літоральних форм ідуть у сублітораль, якщо вода розпріснюється поступово. Деякі поліхети і молюски уникають загибелі, глибоко закопуючись у ґрунт, інші щільно стуляють стулки раковин, зберігаючи досить високу солоність у мантийній порожнині. Здатність до активного вибору сольового середовища властива річковим ракам, крабам *Pachygrapsus crassipes*, дафніям, морським зіркам і ряду інших гідробіонтів.

3.2. Осмоізоляція

Сталість сольового складу організмів в умовах мінливої солоності води може бути забезпечена за рахунок утворення **ОСМОТИЧНО НЕПРОНИКНИХ ПОКРИВІВ**. Такий спосіб захисту від осмотичного обводнювання й зневоднювання властивий всім водним ссавцям і птахам, покриви яких волого- і соленепроникні. У водних організмів, що дихають киснем, розчиненим у воді, розвитку волого- і соленепроникності покривів перешкоджає необхідність здійснення через них газообміну. Чим щільніше зовнішні покриви, тим повільніше дифундують крізь них кисень і вуглекислий газ, тобто погіршуються умови дихання. У зв'язку із цим у багатьох тварин щільність покривів на тілі стає досить різною. На ділянках, що використовуються для газообміну (зябра й т.п.), покриви залишаються тонкими й ніжними, на іншій поверхні тіла вони товщають, якоюсь мірою або повністю стаючи вологонепроникними [2; 3].

У ракоподібних, особливо вищих, осмотичній ізоляції сприяє розвиток панцира. Сильно послабляється віддача води в гіпертонічному середовищі в личинок комах з добре розвиненою епі- і екзокутикулою, наприклад у різних бабок, поденок, клопів, жуків. Істотний засіб забезпечення осмотичної ізоляції – СЛИЗ. Наприклад, яйця багатьох хробаків, не здатні до осморегуляції, добре виживають у гіпо- і гіпертонічному середовищі тільки тому, що укладені в слизову кладку. Осмотичному захисту допомагає утворення слизу на поверхні тіла, що спостерігається у риб і багатьох інших організмів. У двостулкових молюсків осмоізоляція в несприятливому сольовому середовищі забезпечується змиканням раковини. Так, мідії, устриці та інші морські молюски, потрапляючи в опріснену воду, можуть довго виживати в ній із закритими стулками, а їхня гемолімфа кілька днів залишається нерозбавленою. Подібно молюскам, можуть тимчасово за рахунок осмоізоляції виносити різкі зміни солоності морські жолуді та інші тварини з раковинами, що закриваються. Здатність багатьох крабів й інших вищих раків існувати в умовах різних змін солоності середовища значною мірою обумовлена водонепроникністю їхнього панцира, що покриває більшу частину поверхні тіла тварин. Часткова осмоізоляція полегшує роботу осморегуляторних механізмів.



Рис. 8. Приспособування до утворення осмотично непроникних покривів різними шляхами у гідробіонтів

У рослин, що живуть у гіпотонічному середовищі, осмотичне обводнювання попереджається міцністю клітинних оболонок. Їхній механічний тиск урівноважує осмотичний і перешкоджає надходженню надлишкових кількостей води. Одні й ті самі рослини, що живуть в умовах неоднакової солоності, мають різну тонічність, але ступінь їхньої гіпертонії відносно середовища залишається подібною. Так, у Північному і Балтійському морях, солоність води яких відповідно дорівнює 30–35 і 15–20‰, концентрація солей у досліджених рослин розрізнялася приблизно на 14%. Який би не була солоність середовища, рослини створюють у своїх тканинах трохи більший осмотичний

тиск, що забезпечує їм тургор, який досягши певного ступеню, попереджає подальше надходження води в клітини.

3.3. Осморегуляція

Гомойосмотичні організми здійснюють або ГІПЕРОСМОТИЧНУ РЕГУЛЯЦІЮ, коли підтримується концентрація солей у тілі на більш високому рівні, ніж у середовищі, або ГІПООСМОТИЧНУ, коли середовище гіпертонічне відносно організмів (Рис. 9). Перший випадок спостерігається у прісноводних організмів і у морських, що живуть в опрісненій воді. Гіпоосмотична регуляція властива деяким морським формам і тим прісноводним організмам, які виявляються в осолоненій воді. При знаходженні прісноводних організмів у гіпотонічному середовищі (прісна вода) вода безупинно проникає в їхнє тіло, від якої вони повинні звільнитися, щоб уникнути механічних ушкоджень і розведення соків свого тіла. Внаслідок того, що строго напівпроникних мембран (тобто проникний тільки розчинник) у тварин, очевидно, немає, останні не можуть виділяти чисту воду. Тому прісноводні тварини-осморегулятори повинні володіти адаптаціями до утримання солей і до відновлення їхніх запасів у своєму тілі [2; 3].

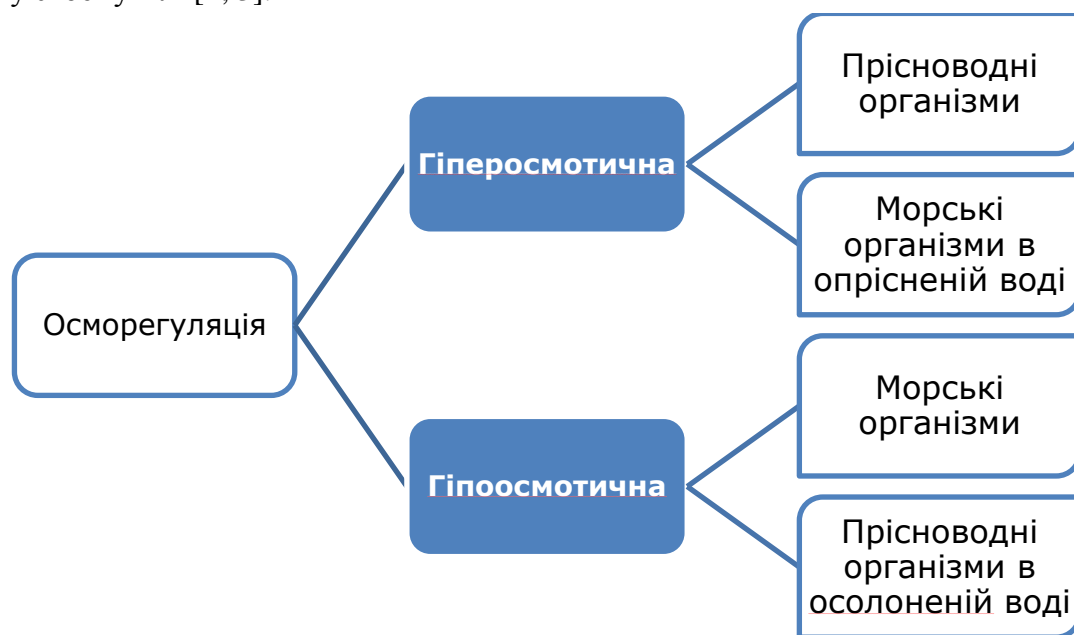


Рис. 9. Види осморегуляції у гідробіонтів

Утримання солей в організмів досягається низькою проникністю їхніх зовнішніх покривів і реабсорбцією солей у сечовідільних органах. Деяка втрата солей замінюється їхнім активним вилученням з навколишньої води: у ракоподібних і риб – через зябра, у жаб – через шкіру. Особливим і дуже важливим способом збільшення осмотичного тиску є підвищення концентрації в гемолімфі амінокислот, дуже характерне для личинок комах. У них, на відміну від інших тварин, амінокислоти забезпечують 60–70% осмотичного тиску і лише 30–40% його створюється за рахунок присутності хлоридів. Підвищення в крові концентрації вільних амінокислот відзначено при акліматизації до морської води прісноводних крабів. Мінімальна мінералізація води, коли різні прісноводні тварини ще можуть здійснювати гіперосмотичну регуляцію, характеризується наступними величинами (у мм): річкові раки – 0,0005, беззубки й живородки – 0,005, перловиці й дрейсени – 0,1, китайський краб – 0,2, ставковики – 0,4. Чим вище різниця осмотичного тиску в середовищі і

тілі прісноводних тварин, тим енергійніше доводиться виводити їм воду, що поступає усередину. Інтенсивність виділення води в прісноводних найпростіших дуже висока. У великій кількості віддається вода з гіпотонічною сечею в прісноводних риб, хробаків, молюсків, ракоподібних і інших тварин.

Якщо у всіх прісноводних організмів має місце гіперосмотична регуляція, то у морських організмів поряд з нею спостерігається і гіпоосмотична. У ПОЙКІЛООСМОТИЧНИХ форм концентрація солей регулюється так, що вона завжди ледве вище, ніж у навколишньому середовищі. Настання ізотонії виключає приплив води ззовні, а, отже, унеможливорює сечовиділення й виведення продуктів метаболізму. Створюючи слабкий ступінь гіпертонії, морські пойкилоосмотичні організми нормально функціонують без активного споживання води. Збільшення концентрації соків тіла з підвищенням солоності води властиво як тваринам, так і рослинам. Морські гомойосмотичні організми з гіперосмотичною регуляцією в певному діапазоні підвищення солоності майже не міняють осмотичного тиску своїх соків, поки залишаються помітно гіпертонічними в порівнянні з навколишнім середовищем. Коли анізотонія стає занадто малою, щоб забезпечити надходження води в організм і створити умови для нормального сечовиділення, тварини починають підвищувати осмотичний тиск соків.

У тих випадках, коли гомойосмотичні організми гіпотонічні, їм доводиться уникати зневоднювання тканин шляхом заковтування солоної води з наступним виділенням гіпертонічної сечі. П'ють морську воду багато ракоподібних, личинки комах, костисті риби та інші осморегулятори з гіпотонічним соком тіла. При різких змінах солоності середовища безхребетні звичайно міняють свій об'єм через приплив або відтік води, після чого настає регуляція об'єму, якщо осморегуляторні механізми справляються зі своєю роботою. На осморегуляторну роботу витрачається не більше 1–2% всієї енергії, що витрачає організм (наприклад, у річкового рака 0,3%, у беззубки – 0,3%).

4. Населення вод різної солоності

Населення морських, пересолених, солонуватих і прісних вод має свої різко виражені особливості. Генетично подібним є морські й прісноводні форми, за рахунок яких пізніше виникло населення пересолених і солонуватих вод. Серед останнього немає ендемічних родин і рядів, у той час як серед населення морських і прісних вод є навіть ендемічні класи й типи. Населення пересолених вод складається з евригалінних морських видів, що живуть при солоності до 75–80‰, і форм прісноводного походження, що звичайно зустрічаються при > 80‰ (рачки *Artemia salina*, личинки комара *Chironomus salinarius* та ін.). У солонуватих водах головним чином зустрічаються морські евригалінні й прісноводні види, а також невелике число специфічних солонуватоводних форм. Загальних форм для морів і прісних вод практично немає, якщо не вважати тих, які поперемінно ведуть морський або прісноводний спосіб життя (прохідні форми). Для морських і прісноводних форм крайня границя поширення лежить у межах 7–8‰. Важливо відзначити, що зазначена межа простежується в самих різних морях: Азовському й Чорному, Каспійському, Білому, Балтійському, Північному та ін., а також для різних фауністичних груп, тобто має універсальний характер. Це пов'язане із впливом критичної солоності на багато біологічних процесів. Солоність 7–8‰ виявляється граничною для морських і прісноводних форм, і внаслідок цього населення вод із солоністю 7–8‰ виявляється збідненим [2; 3].

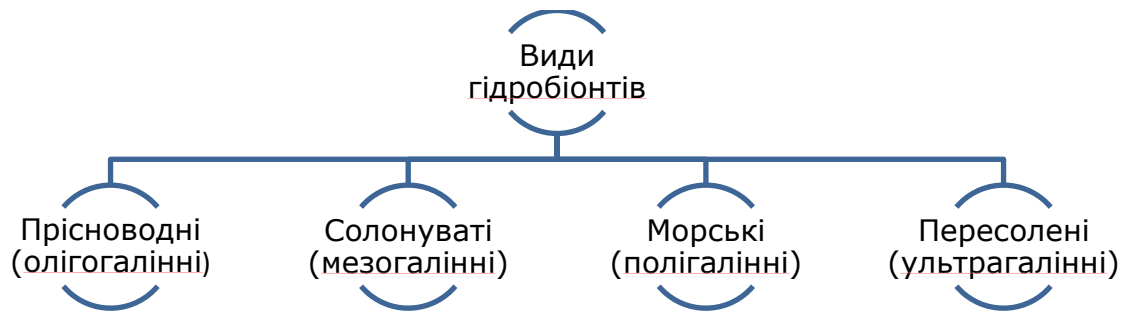


Рис. 10. Види гідробіонтів залежно від солоності вод

Цікаво відзначити, що деякі прісноводні форми виявляють найбільш сильний кількісний розвиток при солоності 3–5‰. У тих випадках, коли морські форми переходять до існування в опрісненій воді, спостерігається їх здрібнення. Як приклад здрібнення прісноводних форм при осолоненні води можна привести балтійських молюсків *Theodoxus fluviatilis* і *Bithynia tentaculata*. Солонуватоводні форми дрібніють із просуванням у прісну воду, але з переходом у солону їхні розміри не міняються (наприклад, молюск *Hydrobia ulvae*).

В крайніх умовах солоності часто знижується не тільки кінцевий розмір гідробіонтів, але також і темп їхнього зросту. З погіршенням умов існування при переході в прісну воду пов'язано, мабуть, і зниження плідності гідробіонтів. Поряд зі зменшенням плідності з переходом морських форм у прісну воду часто спостерігається збільшення розмірів яєць.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Водно-сольовий обмін гідробіонтів.
2. Пристосування для запобігання обсиханню та виживання у висохлому стані.
3. Захист від зневоднювання та обводнювання.
4. Населення вод з різною солоністю.

Лекція 8 ГАЗООБМІН ГІДРОБІОНТІВ

Питання:

1. Колообіг кисню у водних екосистемах.
2. Особливості використання гідробіонтами кисню з води.
3. Дихання гідробіонтів.
4. Замори.

1. Колообіг кисню у водних екосистемах

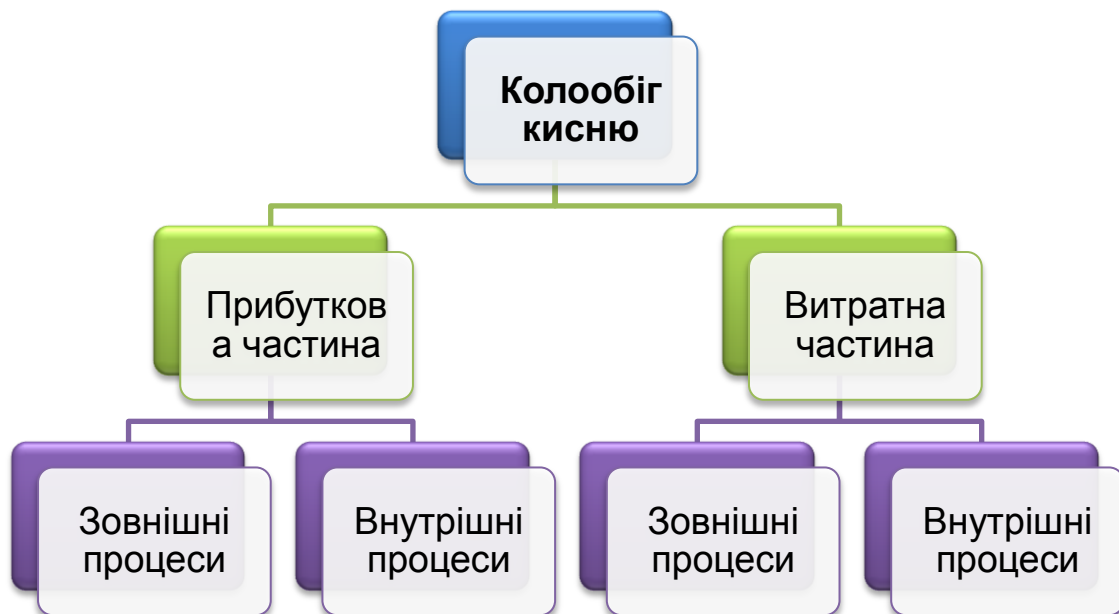
Основним Джерелом Кисню у воді є його Проникнення з Повітря і виділення Фотосинтезуючими Рослинами. Внаслідок фотосинтезу відбувається окиснення води з виділенням молекулярного кисню та відновлення діоксиду вуглецю. Розчинність атмосферного кисню у воді залежить від Температури, Солонності і Атмосферного Тиску [6].

Обмін з атмосферою має динамічний характер і включає 2 етапи:

- ІНВАЗІЮ – надходження кисню у воду з повітря;
- ЕВАЗІЮ – перехід кисню в атмосферу при перенасиченні ним поверхневого шару води.

Обмін киснем між водним середовищем та атмосферою прискорюється при турбулентному ПЕРЕМІШУВАННІ ВОДНИХ МАС, а також завдяки ВПЛИВУ ВІТРУ на поверхню води.

ВМІСТ КИСНЮ у воді визначається в АБСОЛЮТНИХ або ВІДНОСНИХ величинах. Слід зазначити, що завдяки ІНВАЗІЇ атмосферного кисню максимальне насичення НЕ МОЖЕ перевищувати 100%.



До ЗОВНІШНІХ ЕЛЕМЕНТІВ прибуткової частини належить надходження кисню у водні об'єкти з водою інших джерел, атмосферних опадів та підземних вод, інвазія кисню з повітря. Витратна частина у балансі кисню водних екосистем включає споживання гідробіонтами під час дихання, хімічне окиснення, винесення з водним стоком та евазію в атмосферу (рис. 11).

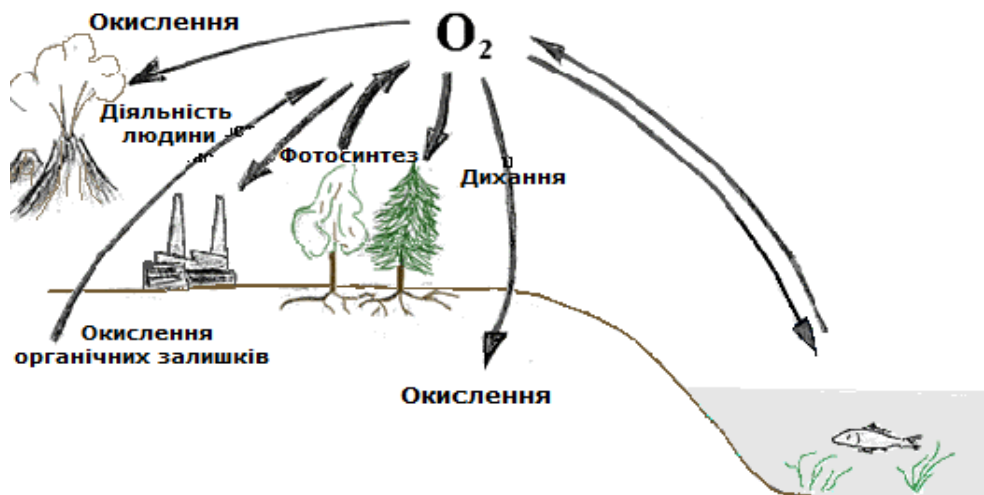


Рис. 11. Схема кругообігу розчиненого кисню у водних екосистемах

Найбільшою водною екосистемою є СВІТОВИЙ ОКЕАН – забезпечує підтримання динамічної рівноваги у масштабах планетарного газообміну. Як відзначає О.П. Виноградов (1967) «... океанічна вода регулює об'єм кисню атмосфери та його ізотопний склад, швидкість проникнення кисню атмосфери та «нового» кисню з фотосинтезуючого шару в океанічну воду, первісний і кінцевий об'єми розчиненого кисню».

ГОСТРИЙ ДЕФЦИТ КИСНЮ може відчуватись у водоймах з великими площами заростей вищих водяних рослин, а також при «цвітінні» води внаслідок масового розвитку водоростей. Такі явища досить часто спостерігаються у КИЇВСЬКОМУ ВОДОСХОВИЩІ, коли з р. Прип'ять і верхнього Дніпра надходять води, збіднілі киснем (*рис. 12*).



Рис. 12. «Цвітіння» води у Київському водосховищі

Процеси формування кисневого режиму у зв'язку з водообміном можна проілюструвати на прикладі ДНІПРОВСЬКО-БУЗЬКОЇ ГИРЛОВОЇ ОБЛАСТІ. Кисневий режим, який у значній мірі визначає стан цієї унікальної екосистеми, залежить від масштабу і режиму попуску води через КАХОВСЬКИЙ ГІДРОВУЗОЛ (*Рис. 3*).



Рис. 13. Дніпровсько-Бузький лиман

Концентрація кисню у ДНІПРОВСЬКО-БУЗЬКОМУ ЛИМАНІ закономірно знижується з глибиною, що обумовлено послабленням фотосинтетичної і атмосферної

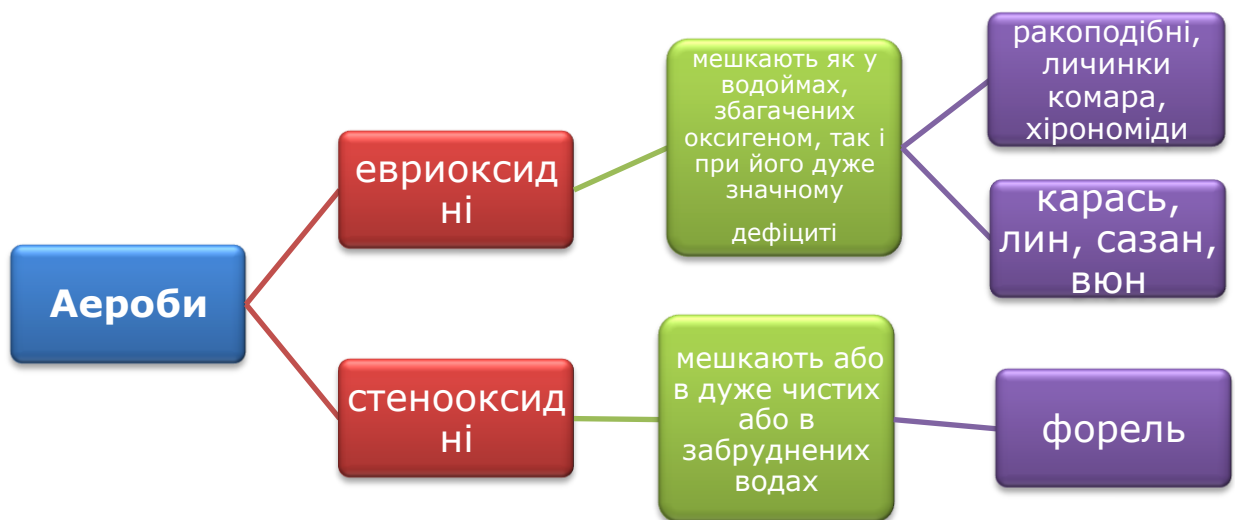
аерації і поглинанням кисню дном. При зменшенні попуску води через КАХОВСЬКИЙ ГІДРОВУЗОЛ знижується концентрація розчиненого кисню у поверхневому і особливо у придонних шарах води.

У ДНІПРОВСЬКО-БУЗЬКОМУ ЛИМАНІ у період «цвітіння» води основним джерелом органічної речовини є ФІТОПЛАНКТОН. Вміст кисню у період «цвітіння» води істотно понижається, бо значна його кількість витрачається на окиснення органічних речовин.



3. Дихання гідробіонтів

В широкому розумінні ДИХАННЯ ГІДРОБІОНТІВ – це біологічне окислення, що вивільнює енергію. В якості окислювача може використовуватися молекулярний ОКСИГЕН або інші СУБСТРАТИ. У зв'язку з цим, усі організми, як водні, так і наземні в залежності від їх потреби в Оксигені поділяються на АЕРОБИ та АНАЕРОБИ.



ДИХАННЯ у водних тварин здійснюється двома основними шляхами:

- усією поверхнею тіла через зовнішні покрови (так зване ДИФУЗНЕ ДИХАННЯ);
- за допомогою СПЕЦІАЛЬНИХ ОРГАНІВ.

Дихання УСІЄЮ ПОВЕРХНЕЮ ТІЛА – процес дуже повільний. Видатний гідробіолог ЗЕРОВ порівнював таке дихання з вентиляцією домів тільки через стіни. Дифузне дихання можливе тільки у організмів, тіло котрих має велику питому поверхню (рис. 14).

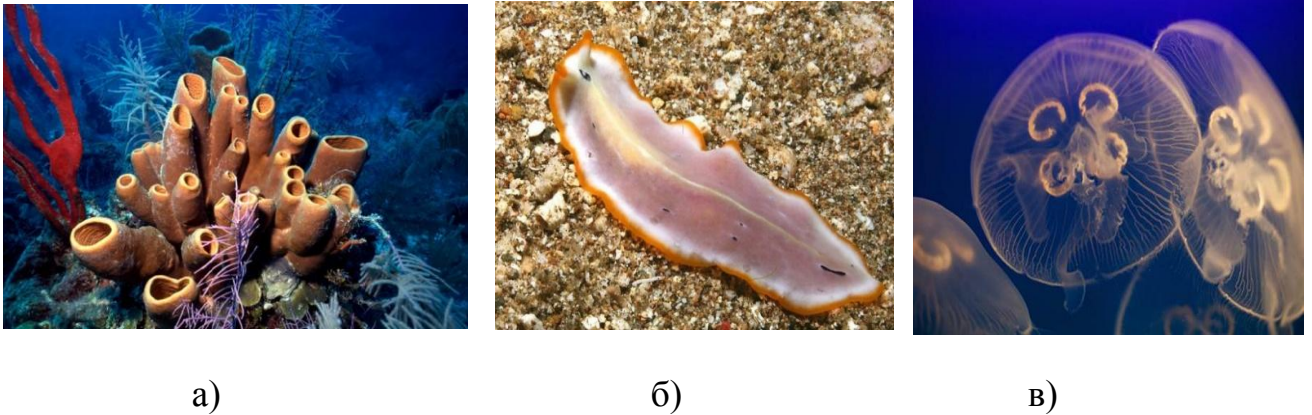


Рис. 14. Організми, для яких характерне дифузне дихання: а - губки; б - черви; в - медузи
У таких водяних безхребетних, як багатощетинкові черви, більшість молюсків і ракоподібних, голкошкірих і асцидій, є ЗЯБРА з великою поверхнею, вкритою тонким епітелієм (рис. 15, 16).



Рис. 15. Зябра

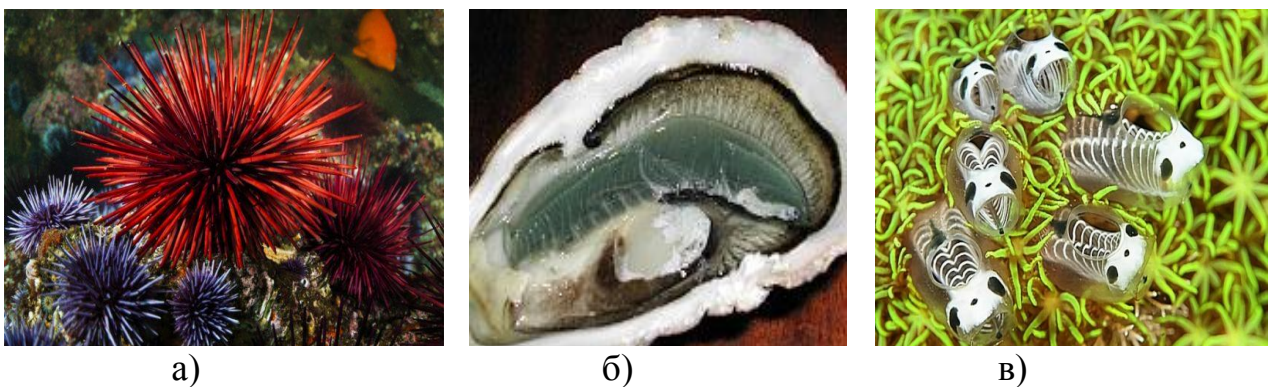


Рис. 16. Організми, яким характерне зяброве дихання: а - голкошкірі; б - молюски; в - асцидії

У личинок деяких комах, які пристосувались до дихання розчиненим у воді киснем, органами зовнішнього дихання є ТРАХЕЙНІ ЗЯБРА (рис.17). Морфологічно вони представлені тонкостінними зовнішніми або внутрішніми виростами, всередині яких проходить система розгалужених трахейних капілярів.



А



Б



В

Рис. 17. Організми, органами дихання яких є трахейні зябра: *А - личинки одноденок; Б - веснянок; В - бабок*

Більшість вторинноводних тварин дихають атмосферним повітрям. В комах, які дихають атмосферним повітрям, трахейна система відкрита та сполучається з оточуючим середовищем через спеціальні отвори – ДИХАЛЬЦЯ або СТИГМИ – часто розташовані на кінці довгих дихальних трубок (рис. 18).



А



Б



В

Рис. 18 Організми, які дихають атмосферним повітрям: *А - личинки комах; Б - легеневий молюск; В - водяний паук*

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 (рис. 19).



А



Б

Рис. 19. Організми, для яких характерне легеневе дихання: *А - кашалот; Б - кит*

Риби, які здійснюють досить тривалі міграції по суші, на певний час можуть переходити здебільшого на ШКІРЯНЕ ДИХАННЯ (рис. 20).

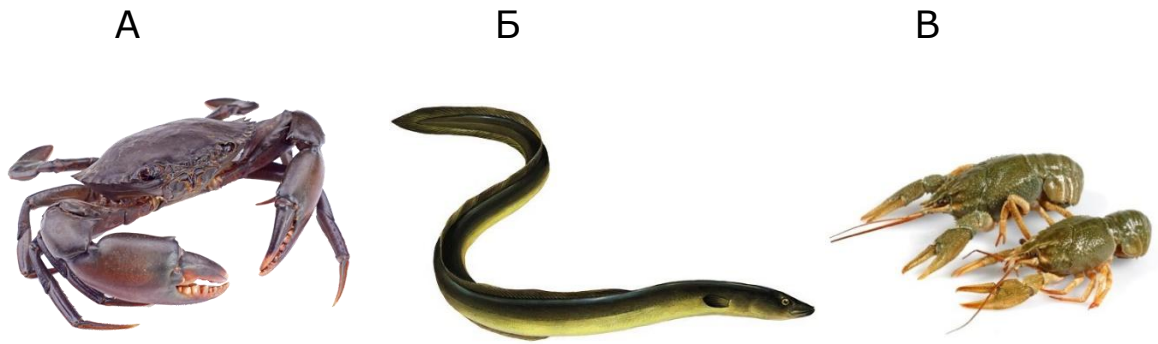


Рис. 20. Організми, для яких характерне шкіряне дихання: *A - краб, B - вугор, B – рак*

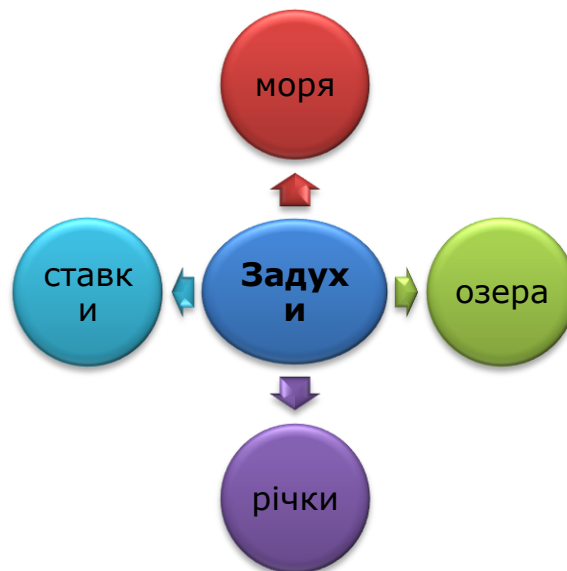
Ефективність гідробіонтів до газообміну досягається: **ЗБІЛЬШЕННЯМ ПЛОЩІ ТА ГАЗОПРОНИКНОСТІ ДИХАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ; АЕРАЦІЄЮ** дихальних поверхонь.

Багато гідробіонтів комбінують повітряне і водне дихання, що дозволяє їм мобільніше використовувати різні респіраторні ситуації.

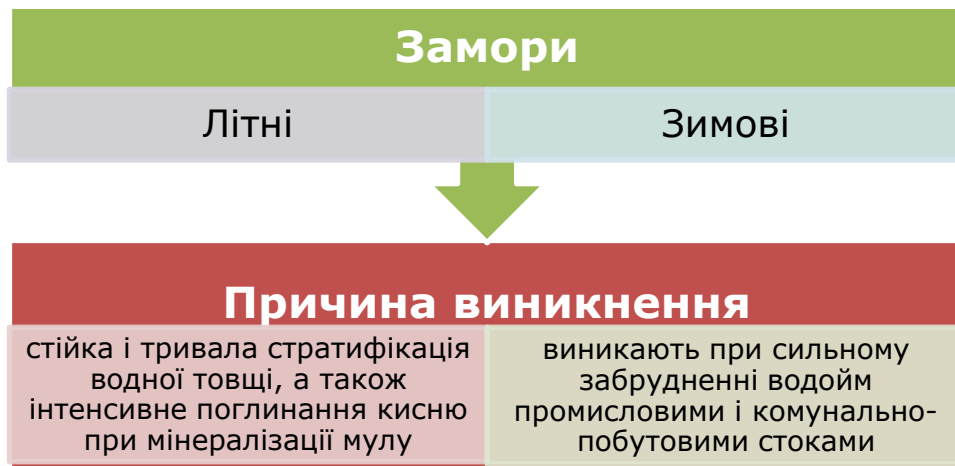
4. Замори

Виникнення **ДЕФЦИТУ ОКСИГЕНУ** нерідко спричиняє **ЗАМОР (ЗАДУХУ)** – це випадки масової загибелі населення водойм, спричинені нестачею або повною відсутністю кисню у воді [6].

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



В одних водоймах **ЗАДУХА** регулярно повторюється із року в рік, в інших – зустрічається рідко. Іноді це явище охоплює значні акваторії та спричиняє значних збитків **РИБНИЦТВУ**.



ЛІТНІ ЗАМОРИ зазвичай співпадають з максимальним розвитком **ФІТОПЛАНКТОНУ** («ЦВІТІННЯ» **ВОДОЙМИ**) (рис. 21). У невеликих, добре прогрітих озерах та ставках **ЛІТНІ ЗАМОРИ** настають зазвичай **ВНОЧІ** та **РАПТОВО**. Вдень вода у таких басейнах буває пересичена киснем завдяки інтенсивному фотосинтезу рослин, а вночі вміст кисню у воді різко зменшується, внаслідок чого і починається замор. **ЛІТНІ ЗАМОРИ** спостерігаються і у деяких **СОЛОНУВАТО-ВОДНИХ БАСЕЙНАХ**, наприклад в **АЗОВСЬКОМУ** та **БАЛТІЙСЬКОМУ** морях.



Рис. 21. Літні замори

ЗИМОВІ ЗАМОРИ настають **ПОСТУПОВО**. У більшості випадків вони спостерігаються у **КІНЦІ ЗИМИ** і багато ознак свідчить про їх наближення. Уже при відносно невеликій нестачі кисню у воді до ополонок та інших джерел атмосферного кисню починають наближатись **ВОДЯНІ КЛОПИ**, пізніше біля ополонок з'являється і **РИБА**. Більш витривалі до нестачі кисню **ВОДЯНІ ЖУКИ**: вони підходять до джерел атмосферного кисню уже при дуже сильних заморах. Під час заморів зникає не лише розчинений у воді кисень, але і під льодом (рис. 22).



Рис. 22. Зимові замори

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що є основним джерелом кисню у воді?
2. Від чого залежить розчинність атмосферного кисню у воді?
3. Що собою представляє процес дихання гідробіонтів?
4. Які групи аеробів вам відомі?
5. Назвіть основні шляхи дихання водних тварин.
6. Які ви знаєте органи дихання водних тварин?

Лекція 9 РОЛЬ СВІТЛА В ЖИТТІ ГІДРОБІОНТІВ

Питання:

1. Світлові умови у водному середовищі.
2. Вплив освітлення на вертикальний розподіл рослинності.
3. Особливості будови органів зору гідробіонтів.
4. Зміна забарвлення риб.
5. Світіння водних організмів.

1. Світлові умови у водному середовищі

СВІТЛО прямо або опосередковано є однією з найнеобхідніших умов життя гідробіонтів.

Значення світла для органічного світу

- необхідне для існування зелених рослин, котрі є джерелом харчування водних тварин;
- безпосередньо впливає на хід обміну речовин, добовий ритм активності, способу здобуття їжі, захисту від ворогів;
- 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.

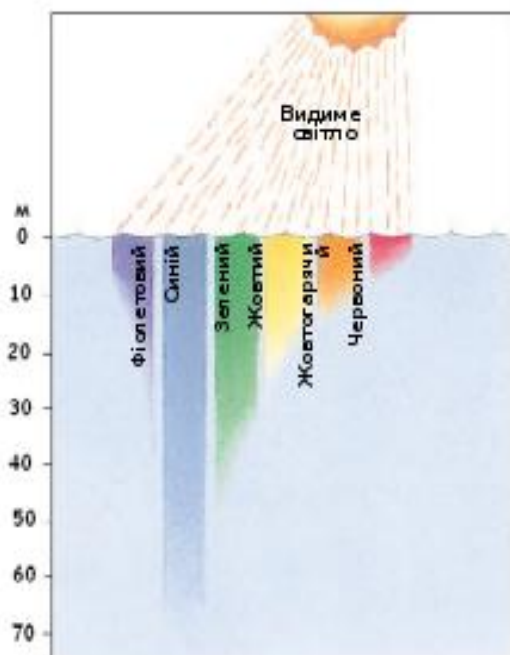
Гідробіонти МЕШКАЮТЬ В РІЗНИХ УМОВАХ ОСВІТЛЕННЯ: в верхніх добре освітлених горизонтах; при сутінковому освітленні; в умовах повної темряви (в абісали морів і океанів, підземних водах). У більшості гідробіонтів реакція на світло змінюється в процесі розвитку.

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.

ПРОЦЕСИ ПОГЛИНАННЯ І РОЗСІЮВАННЯ залежать від спектрального складу випромінювання Сонця. Сонячний промінь 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.

Світлові промені з різною довжиною хвилі поглинаються і розсіюються водним середовищем неоднаково. Найбільш інтенсивно поглинаються інфрачервона і ультрафіолетова частини спектру.

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.



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 брудна.

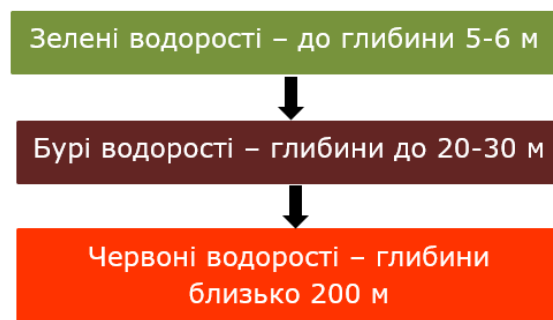
2. Вплив освітлення на вертикальний розподіл рослинності

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 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 рослинність звичайно зустрічається не нижче 30 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:



Проте, деякі види червоних водоростей мешкають і на малих глибинах, в прибережній зоні.

Гайдуков 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:

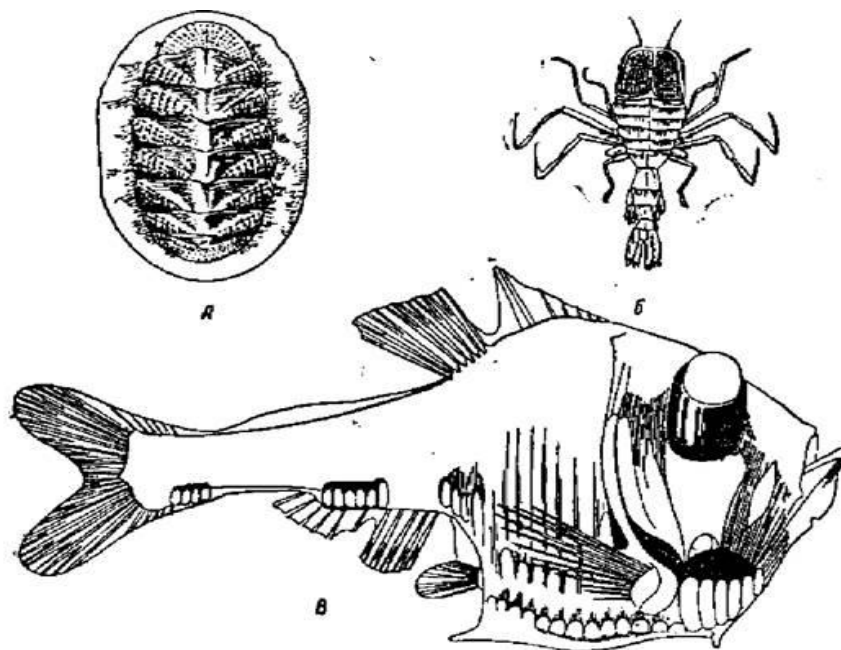
Зелені водорості з усіх променів спектру найбільш енергійно використовують червоні і частину фіолетових, майже безслідно пропускаючи зелені

Червоні водорості використовують для фотосинтезу промені жовто-зеленої частини спектру, котрі в значних кількостях присутні ще на глибинах до 100 м

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

3. Особливості будови органів зору гідробіонтів

БУДОВА ОРГАНІВ ЗОРУ водних тварин відрізняється великою різноманітністю (мал. 2.1). Добре розвинені очі, як правило, у хижих тварин. Прикріплені або малорухомі тварини, а також багато планктонних організмів (медузи, крилоногі молюски), нерідко позбавлені очей. 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).



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 *Argyroplecus hemigymnus*

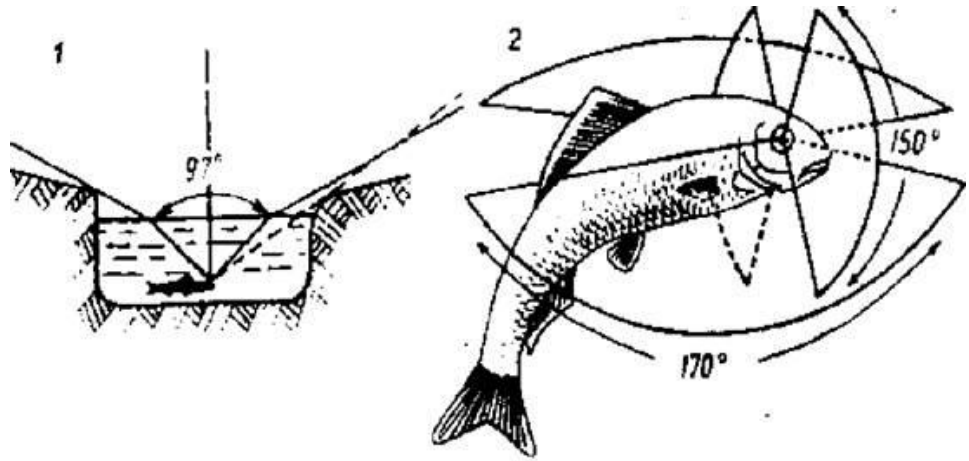
КІЛЬКІСТЬ ОЧЕЙ У ВОДНИХ ТВАРИН РІЗНА: від 1, 2-х, 4-х до декількох сотень (мал. 2.1 А). Сильно коливаються і розміри очей: від мікроскопічно малих до гігантських. Органи зору багатьох мешканців сутінкової зони розвинені дуже сильно: очі досягають величезних розмірів і мають складну будову (мал. 2.1 Б). 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 стрибуна - червоні, у бризкуна - яскраво-жовті з великою чорною зіницею посередині, у білоочки - білі, у зеленоочки - зелені.

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 [2; 3; 5; 6].

За допомогою органів зору в 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. Не повертаючи тіла, риби можуть бачити предмети кожним оком у секторі близько 150° , а по горизонталі - у секторі близько $160-170^\circ$ (мал.2). Проте найчіткіше вони розрізняють ті надводні предмети, що розташовані безпосередньо над ними, під кутом близько 97° . Решту предметів риби бачать у спотвореному вигляді.



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

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

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. Широко використовується в рибному промислі приваблення риб на штучне освітлення. ШТУЧНИМ СВІТЛОМ приваблюються переважно зграйні планктоноїдні риби, але не хижаки і не детритоїди.

4.3 мінна забарвлення риб

ЗАБАРВЛЕННЯ ВОДНИХ РОСЛИН І ТВАРИН ДУЖЕ РІЗНОМАНІТНЕ, що часто служить для їх захисту і робить їх непомітними для ворогів і здобичі. Одним з прикладів захисного забарвлення є повна прозорість і безколірність (рис. 23) багатьох планктонних тварин, які мешкають в верхніх шарах. В цих горизонтах зустрічається також багато тварин, які забарвлені в синій або блакитні тони.



Рис. 23. Приклади захисного забарвлення (*риба-хірург; португальський кораблик, або фізалія; крокодилова білокровка; чорноморська плевробрахія або «морський агрус»; креветка-привид*).

ЗАБАРВЛЕННЯ РИБ ЗАЛЕЖИТЬ від наявності в їхній шкірі, під прозорою лускою, особливих клітин – хроматофорів (кольороносіїв), 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. Деякі тварини – ракоподібні, молюски, риби – володіють унікальною ЗДІБНІСТЮ АКТИВНО ЗМІНЮВАТИ ЗАБАРВЛЕННЯ в залежності від кольору оточуючого середовища (*рис. 24*).



Рис. 24. Креветка Hippolite varians

ЗМІНЮВАТИ СВОЄ ЗАБАРВЛЕННЯ МОЖУТЬ І БАГАТО РИБ. Особливо яскраво ця здатність виражена у камбалових (*рис. 25*). 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 (в їх шкірі розсіяна велика кількість дрібних клітинок, які містять різний пігмент: зелений, блакитний, червоний тощо).



Рис. 25. Зміна кольору камбали

5.Світіння водних організмів

Велику увагу привертає також явище світіння моря, іншими словами біолюмінесценція. Здатністю світитися володіють організми, які ведуть і планктонний, і донний спосіб життя, і рухомі, і прикріплені форми тощо. Світіння буває різним 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 світяться 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 (*рис. 26*). Маса цих організмів з'являється навесні, наприкінці літа і восени. Внаслідок великого розвитку світних організмів наприкінці літа і восени виникає «цвітіння» моря (скупчення перидіней). Внаслідок такого скупчення на поверхні моря утворюються великі червонуваті й брунатні плями та смуги. Світло, яким світяться перидінеї зеленуватий або білий. Світіння перидіней іноді буває настільки інтенсивним, що при його спалахах можна читати [5;6].



Рис. 26. Перидінея *Ceratium*, приклад світіння в морі

Крупні організми – медузи, ракоподібні, головоногі молюски та інші при механічному подразненні світяться досить крупними спалахами – світло їх дуже яскраве і різнобарвне (рис. 27). 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.



Рис. 27. Приклади світіння крупних організмів (медузи екворея; риба вудильник)

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.

Типи світіння морських тварин і рослин

ВНУТРІШНЬОКЛІТИННЕ. Світяться спеціальні клітини, які знаходяться в тілі організму. Зустрічається у представників різних систематичних груп від найпростіших до риб. У ракоподібних, головоногих молюсків, риб, внутрішньоклітинне світіння буває зосередженим в спеціальних органах

ПОЗАКЛІТИННЕ. Світиться рідина або слиз, які виділяються організмами і виробляються спеціальними залозами. Таке світіння здійснюється шляхом рефлекторного викидання світних хмар або світних завіс і притаманне, головним чином, глибоководним тваринам.

БАКТЕРІАЛЬНЕ – через опосередкованість симбіотичних мікроорганізмів. 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.

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 безкисневому середовищі: деякі медузи, радіолярії.

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.

ЗАПИТАННЯ 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.

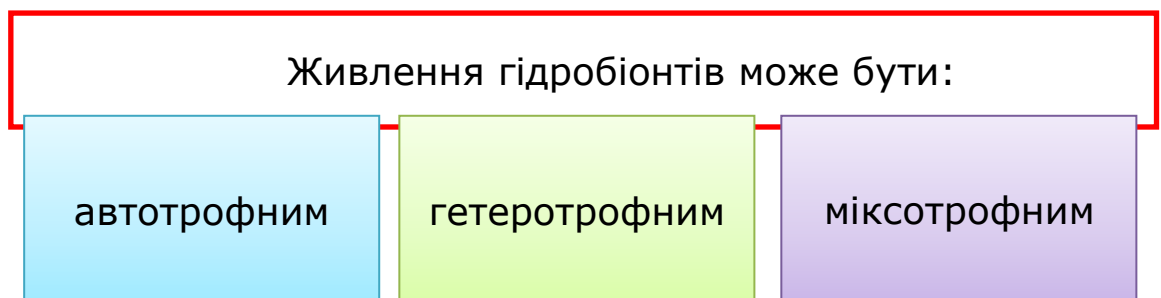
Лекція 10 ЖИВЛЕННЯ ГІДРОБІОНТІВ

Питання:

1. Корм гідробіонтів.
2. Форма живлення та їжа гідробіонтів.
3. Способи добування їжі.
4. Інтенсивність живлення та ступінь засвоєння їжі.
5. Особливості живлення водяних тварин.

1. Корм гідробіонтів

У біосферному аспекті живлення – один з основних процесів, завдяки якому здійснюється колообіг органічних речовин на Землі



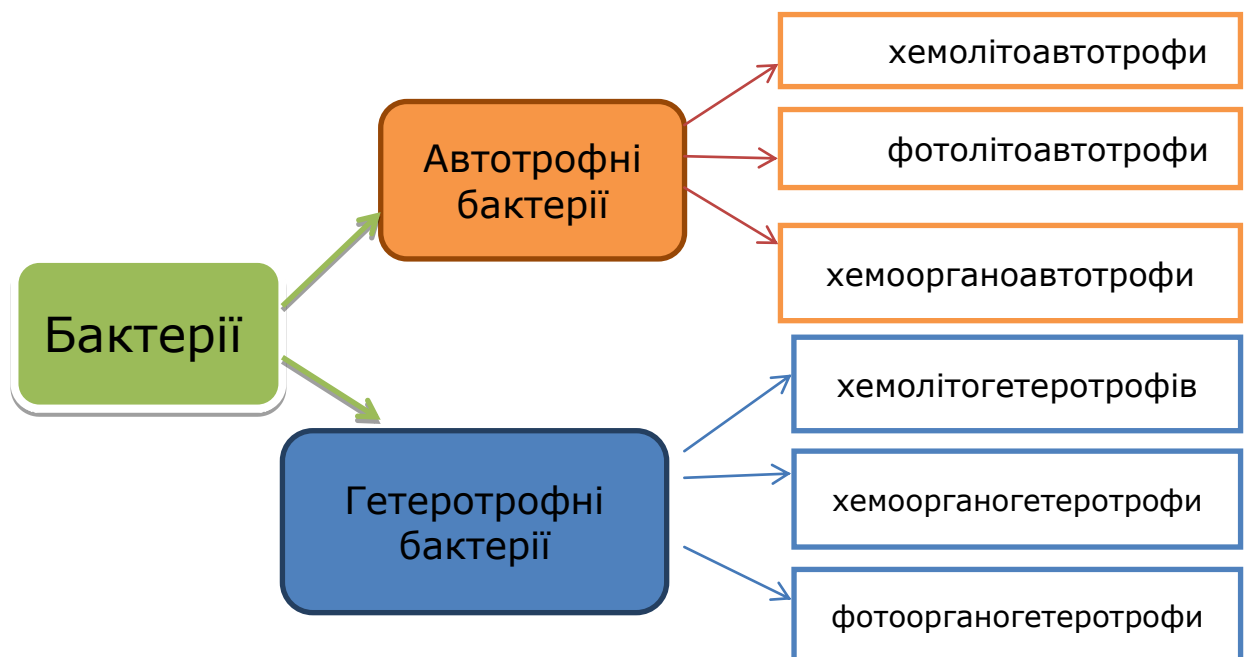
АВТОТРОФНИЙ ТИП живлення мають рослини, що містять хлорофіл, і відповідно називаються продуцентами. Для утворення органічних речовин свого тіла вони використовують сонячну енергію і мінеральні речовини. У водному середовищі автотрофні процеси здійснюються здебільшого завдяки діяльності фітопланктону.

ГЕТЕРОТРОФНІ ОРГАНІЗМИ, або консументи, живляться живими організмами, їх рештками, продуктами розпаду і життєдіяльності рослин і тварин. До гетеротрофів належать всі тварини, гриби, багато бактерії, деякі джгутикові.

Деякі зелені, синьо-зелені, діатомові водорості мають **МІКСОТРОФНЕ живлення**. Є види, здатні на певний час повністю переходити з автотрофного на гетеротрофне живлення (евглена). Міксотрофне живлення властиве і деяким вищим водянним рослинам (росичка).

Особливо складна класифікація форм живлення спостерігається у бактерій, в яких енергетичний і конструктивний обміни не об'єднані в один механізм і якоюсь мірою є незалежними. Серед автотрофних бактерій розрізняють *хемоліто-*, *фотоліто-* і *хемоорганавтотрофів*. Всі вони в якості джерела вуглецю для побудови тіла використовують CO₂, але розрізняються за способами видобування енергії.

Гетеротрофні бактерії, серед яких розрізняють *хемооргано-*, *хемоліто-* і *фотоорганогетеротрофів*, для конструктивного обміну використовують зазвичай вуглець органічних сполук [2; 3].



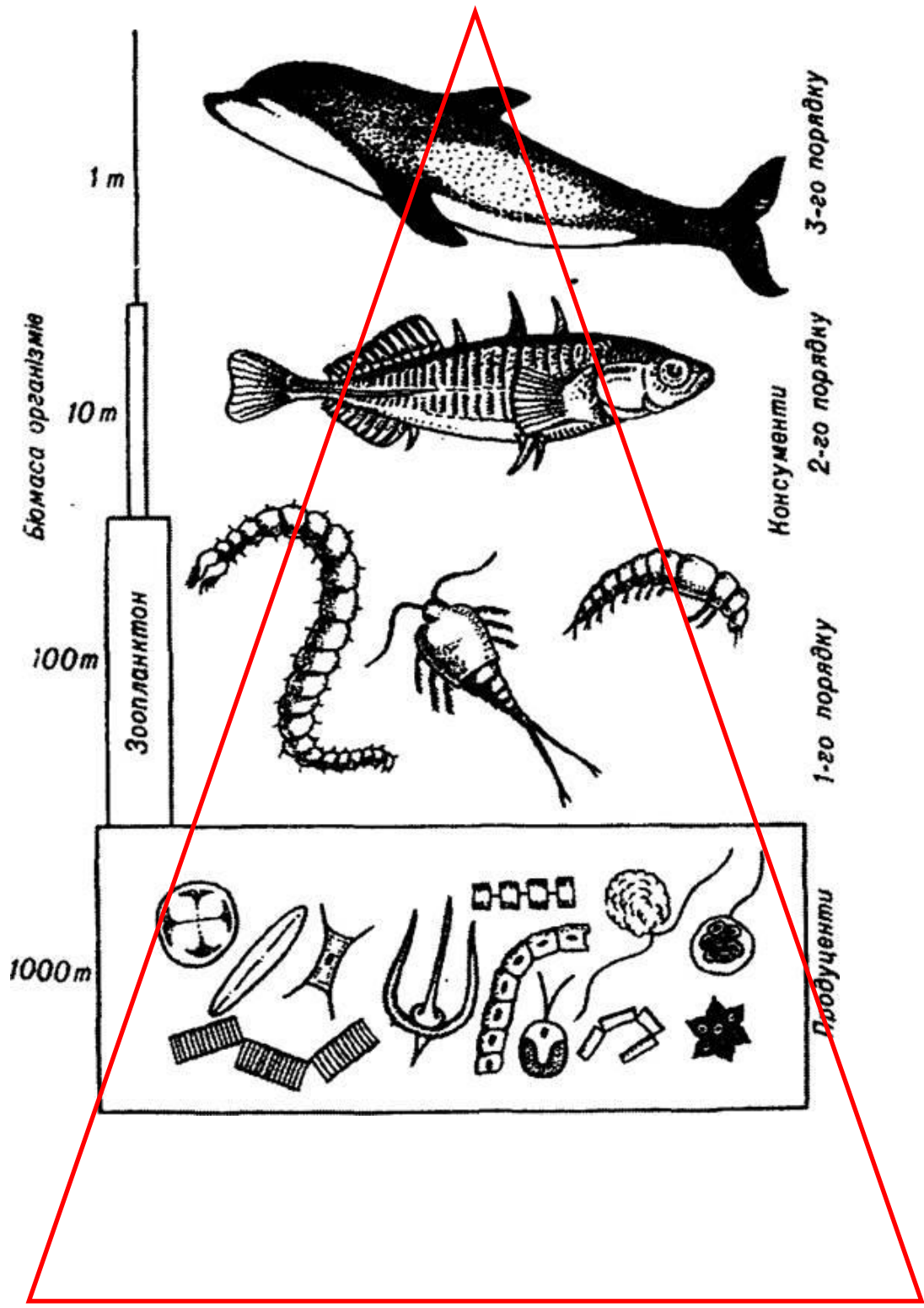
Залежно від розподілу рослинності товща водойм поділяється на дві частини: ТРОФОГЕННУ, або ПРОДУКУЮЧУ, і ТРОФОЛІТИЧНУ, або СПОЖИВАЦЬКУ. У морських басейнах нижня межа першої частини (трофогенна) проходить приблизно на глибині 200 м, тобто там, де наявне світло для фотосинтезу. Частка продукуючої частини у морях становить менше 2–3% всієї товщі. У трофолітичній зоні відбувається споживання живої і мертвої органічної речовини, яка утворилась у трофогенному шарі, а також мінералізація органічної речовини і продуктів життєдіяльності організмів.

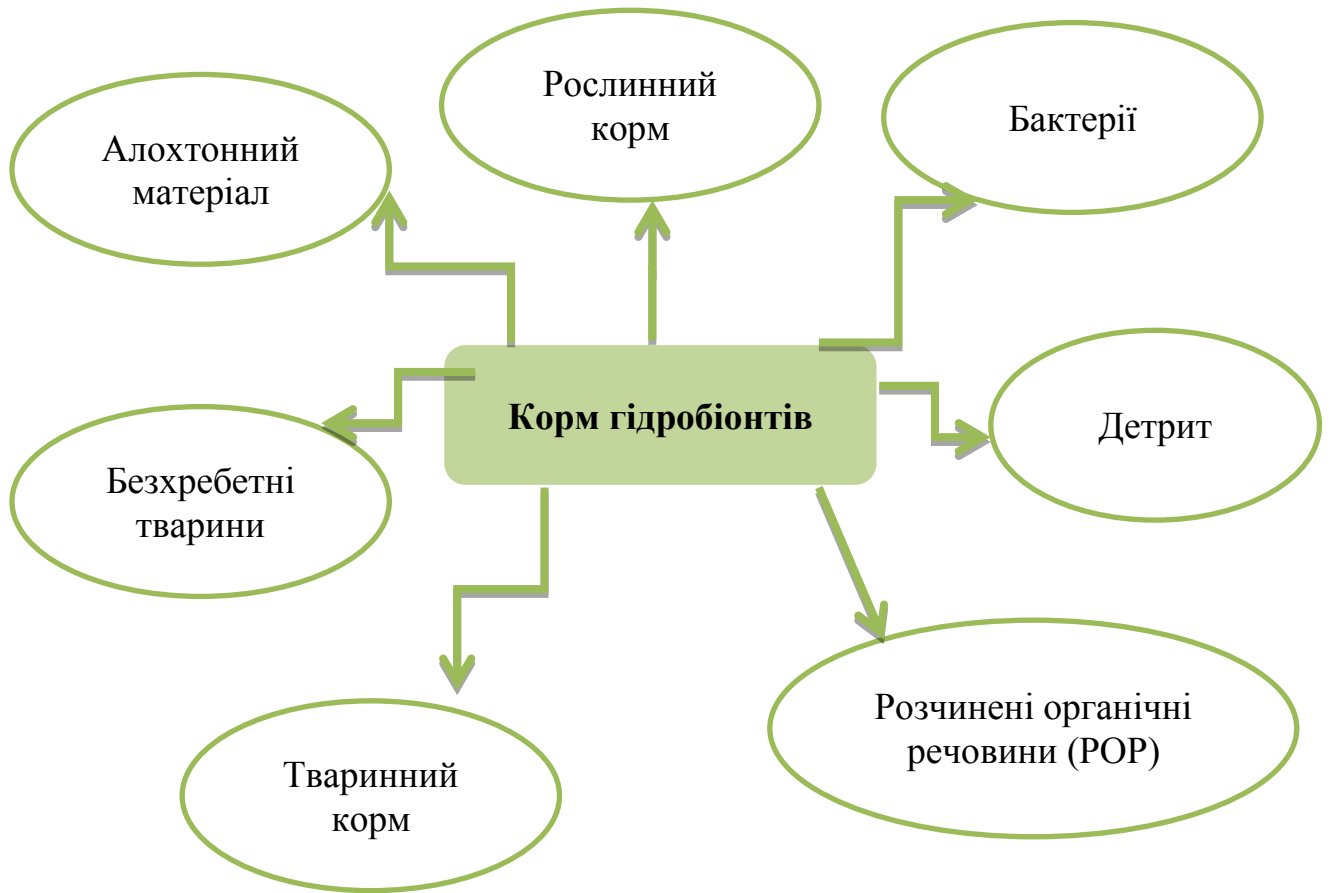
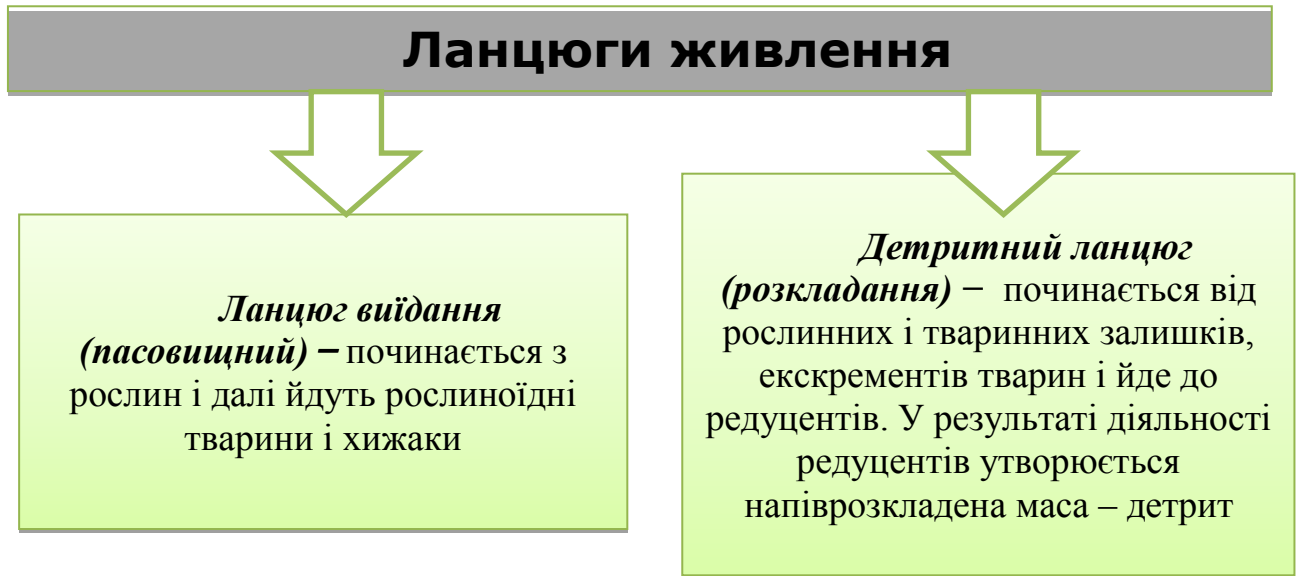
ЛАНЦЮГ ЖИВЛЕННЯ (*трофічний ланцюг*) – взаємовідношення між організмами під час переносу енергії їжі від її джерела (зеленої рослини) через низку організмів (шляхом поїдання) на більш високі трофічні рівні.

Будь-яка популяція організмів займає у трофічному ланцюзі певне місце – трофічний рівень

- *Перша ланка-виробники:* Тут є водорості та планктон, які зазвичай називають фітопланктоном.
- *Друга ланка - первинні споживачі:* вони переважно травоядні і складаються з найпростіших або найпростіших, личинок дрібних тварин, дрібніших ракоподібних, криля (зоопланктон), гідромедуз та інших.
- *Третя ланка - вторинні споживачі.* Зазвичай м'ясоїдні тварини, включаючи рибу, яка харчується меншою рибою, більшими ракоподібними, кальмарами та чайками.
- *Четверта сполучна лінія споживачів:* По суті всеїдні, найбільші риби, водні ссавці, птахи, морські леви та акули зустрічаються в цій групі.

РОЗКЛАДАЧІ: тіла третинних споживачів, не маючи великих хижаків, увійдуть у процес розкладання після смерті, генеруючи планктон першої ланки.





РОСЛИННИЙ КОРМ – це може бути жива, мертва (оформлена і розкладена) речовина, а також продукти життєдіяльності рослин. Значна кормова роль належить фітопланктону, особливо велике значення мають діатомові і зелені водорості. Значення донної рослинності як корму, порівняно з фітопланктоном, менше. У материкових водоймах вона використовується деякими комахами і їх личинками, черевоногими молюсками, рибами. У морях споживачами великих рослин є деякі літоральні тварини (гамариди, риби).

БАКТЕРІЇ. У водоймах бактерії розподілені дуже нерівномірно. Найбільша їх кількість зосереджена у тих зонах, де відбувається накопичення органічної речовини у поверхневому шарі донних відкладів (ділянка стрибка температури і густини води). Основним джерелом енергії для бактерій слугують розчинені органічні речовини, а також мінеральний фосфор. Бактерії – важливий компонент їжі майже всіх водяних безхребетних.

ДЕТРИТ (detritus – подрібнений) – являє собою не повністю мінералізовані залишки різних рослинних і тваринних організмів. Часточки детриту зазвичай містять у собі бактерії завдяки здатності адсорбувати розчинені органічні речовини. Розміри детриту різні, найменші – 0,1 мкм. У Світовому океані на детрит припадає 8–10% всіх завислих у воді органічних речовин. Детрит, завислий у воді, є кормом для багатьох безхребетних і личинок деяких риб.

РОЗЧИНЕНІ ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ (РОР). Основна маса розчиненої органічної речовини представлена відносно стійкою фракцією водного гумусу. В океанічній воді на його частку припадає близько 60%. У меншій кількості містяться амінокислоти, вуглеводи, вітаміни. РОР становить значну частину корму багатьох організмів.

ТВАРИННИЙ КОРМ – представлений живими організмами, трупами, детритом і у вигляді розкладених колоїдно-дисперсних зависів.

БЕЗХРЕБЕТНІ ТВАРИНИ. Далеко не всі групи безхребетних рівноцінні за своїм кормовим значенням для риб та інших тварин. У пелагіалі прісних водойм найбільше кормове значення мають найпростіші, коловертки, нижчі ракоподібні, а у бенталі – личинки хірономід, олігохети, дрібні молюски. У пелагіалі морських басейнів важливе кормове значення мають веслоногі ракоподібні, деякі вищі ракоподібні (евфаузієві, амфіподи та ін.). Серед донних безхребетних найбільшу кормову цінність для риб мають поліхети, дрібні двостулкові молюски і вищі ракоподібні.

АЛОХТОННИЙ МАТЕРІАЛ. У материкових водоймах і у неритовій (прибережній) області морів важливим джерелом живлення є різний органічний матеріал, принесений з суші: детрит, опале листя дерев, пилок рослин, – який є кормом для різних безхребетних і риб. Так, листя дерев становить близько 90% всього корму, і відіграє важливу роль у живленні деяких гамарид і личинок волохокрильців. Пилком живиться багато коловерток і гіллястовусих ракоподібних. У гірських річках, де планктон дуже бідний, а бентос малодоступний, організми алохтонного походження нерідко становлять основний корм для риб.

2. Форма живлення та їжа гідробіонтів

Для оцінки кількості їжі у водоймах та умов харчування гідробіонтів, використовують 4 поняття:

а) **КОРМОВІ РЕСУРСИ** – вся сукупність тваринних і рослинних організмів у водоймі, а також їх продуктів розпаду.

б) КОРМОВА БАЗА – кількість корму для певної групи гідробіонтів, яка може бути ним використана.

в) КОРМНІСТЬ – частина кормової бази, яка реально використовується даним гідробіонтом.

г) ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ КОРМОМ – відношення кількості їжі споживаної популяцією виду в даній водоймі, до тої її кількості, яка потрібна для повного задоволення потреб особин даного виду [2; 3].

Розрізняють типи гетерогенного живлення

1 Ендогенне живлення відбувається за рахунок використання речовин власного тіла і речовин, які утворилися в симбіотичних водоростях. П'явки можуть голодувати до 800 днів, зі збільшенням запасу поживних речовин період голодування подовжується.

2 Екзогенне живлення
а) осмотичне екзогенне живлення - за рахунок поглинання розчинених у воді амінокислот (личинки комарів, устриці, пуголовки трав'яної жаби)
б) галозойне екзогенне живлення рослинами та тваринами.

3 Кормові ресурси водойм і кормова база гідробіонтів складається з органічних речовин розчинених у воді, детриту, бактерій, фітопланктону, фітобентосу, безхребетних та хребетних.

4 Кормність водойм - у споживачів в процесі еволюції вироблялися адаптації оволодіння здобиччю, у організмів, яких використовували в їжу вироблялися пристосування до зниження виїдання - маскуванню, укриття, конституційний захист.

а) *маскування*- досягається при набутті схожості з забарвленням навколишнього середовища, формою тіла, розвитком безбарвності, утворенням завіс.

б) *укриття* - заглиблення в різноманітних субстратах, використання пустих раковин, будівництва захисних будиночків.

в) *конституційний захист* - за рахунок великих розмірів тіла, міцності та озброєності покровів, не їстівних тканин, у зв'язку з їх отруйністю, швидкості руху. Молюск осканіус виділяє сірчану кислоту, тому не поїдається рибою.

3.Способи добування їжі

Виділяють такі способи добування їжі:

- 1) **Недиференційований захват їжі на ґрунті та інших субстратах.** Спостерігається у тварин, які заковтують ґрунт, збирають детрит, зішкрібають водорослі та бактерії на твердих субстратах, зішкрібають - черевоногі молюски.
- 2) **Недиференційований захват харчових об'єктів в товщі води.** Фільтрація буває
Пасивна - за рахунок використання токів води та частинок їжі які ними переносяться (ручейники з ловчими будиночками),
Активна фільтрація - тварини самі створюють потік води і пропускають його крізь проціжуючий апарат (кити, у пащі яких до 300 поперечних рядів рогових пластинок, які звисають з піднебіння), серед риб, активними фільтраторами є товстолоб, китова акула (проціжує їжу за допомогою зяберного апарату).
- 3) **Седиментація** - у найпростіших, губок, коловерток, інфузорій та джгутикових. Інфузорії, биттям війок створюють вир, у формі воронки, воронка звернена до цитостому, зважені частинки осідають в нижній частині воронки. У губок вода по каналам потрапляє у джгутикові камери, де зважені частинки осідають на комірчастих клітинах.
- 4) **Диференційований захват харчових об'єктів.**
 - а) *пасіння* - живлення крупними рослинами та малорухомими тваринами. Молюски- прудовики живляться тканинами вищих рослин, бокоплав гамаруси пасуться на морській траві, білий амур пасеться на придонних мохах.
 - б) *полювання* - активне переслідування або підстерігання здобичі: мисливці-кашалоти, акули, кальмари; чатувальники кишковопорожнинні та щуки.

4.Інтенсивність живлення та ступінь засвоєння їжі

ІНТЕНСИВНІСТЬ ЖИВЛЕННЯ – це кількість їжі спожита за одиницю часу та віднесена до ваги споживача. Кількість спожитої їжі визначається величиною добового раціону [2; 3].

Інтенсивність живлення

1) Залежність інтенсивності живлення від стану організму. З віком інтенсивність живлення знижується, рачки із Чорного моря повністю змінюють вміст кишечника, в залежності від віку по різному: У молодих рачків їжа через кишківник проходить за 70 хв. , у дорослих — за 5 годин (та інтенсивність живлення в 4 рази нижча). Зграйні тварини, перебуваючи на самоті, можуть взагалі не харчуватись (мурманський оселедець), гинуть від виснаження.

2) Залежність інтенсивності живлення від зовнішніх умов.

а) інтенсивність живлення зростає при доступі бажаних кормів.

б) інтенсивність живлення зростає при достатку їжі.

в) при підвищенні температури до оптимальних значень інтенсивність живлення також зростає.

г) інтенсивність живлення знижується при нестачі кисню.

3) Ритми живлення - це циклічні зміни інтенсивності споживання корму, протягом доби, або інших проміжків часу. Добова ритміка пов'язана з чергуванням дня та ночі, добові ритми не пов'язана зі станом кормової бази, сезонні зміни залежать від стану кормової бази.

Залежно від корму гідробіонти поділяються на **ГРУНТОЇДІВ**, **ДЕТРИТОФАГІВ**, **ЗООФАГІВ** І **ФІТОЗООФАГІВ**.

За значенням у живленні розрізняють корм **ОСНОВНИЙ**, який здебільшого наповнює кишечник, **ДРУГОРЯДНИЙ**, котрий трапляється постійно, але у невеликій кількості, випадковий, який поїдається зрідка і у невеликій кількості.

5. Особливості живлення водяних тварин

Живлення водяних тварин характеризується низкою особливостей, які не властиві або ж рідко трапляються у мешканців суші [2; 3].

★ *Перетравлення корму поза організмом*

Багато безхребетних може перетравлювати корм поза своїм організмом. Таким способом живляться, наприклад, деякі морські зірки. Основну їх корму становлять двостулкові молюски. Якщо здобич виявляється великих розмірів, то зірка прикріплюється амбулакральними ніжками до ступок черепашки і безперервними розтягувальними рухами змушує молюска врешті-решт розкрити черепашку. Потім зірка вивертає свій шлунок через рот, обгортає ним м'яке тіло молюска і перетравлює його.

★ *Живлення розчиненими органічними речовинами (РОР).*

Морські біологи виявили нові елементи деяких трофічних ланцюгів. Наприклад, коли багатоклітинні тварини і рослини вмирають, їх тіла розкладаються бактеріями до простих складових, включаючи прості цукри (вуглеводи) і амінокислоти. Деякі морські тварини, зокрема черви, здатні поглинати ці поживні речовини з води через шкіру, хоча мають рот і травний тракт і зазвичай заковтують організми повністю. Бактерії, що розкладають залишки організмів у товщі води, теж збагачують її розчинними цукрами і амінокислотами.

★ *Живлення завдяки водоростям-симбіонтам*

Гідробіонти живляться здебільшого екзогенно, тобто корм знаходиться поза їх організмом. Але трапляється і ендогенне живлення. Воно відбувається при внутрішньоклітинному симбіозі з водоростями, виявленими у багатьох прісноводних і морських тварин: найпростіших, губок, кишковопорожнинних, червів, двостулкових молюсків. Водорості-симбіонти так густо заселяють тканини тварин, що надають їм зеленого або коричневого забарвлення. Наприклад, зооксантели дають можливість мадрепоровим коралам житися автотрофно.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Назвіть види живлення гідробіонтів.
2. Що таке кормові ресурси, кормова база, кормність та забезпеченість їжею.
3. Охарактеризуйте ланцюги живлення.

4. Типи гетерогенного живлення.
5. Охарактеризуйте способи добування їжі.
6. Інтенсивність живлення та ступінь засвоєння їжі. Ритми харчування.
7. Особливості живлення водяних тварин.

Лекція 11

РОСЛИННІ ІНДИКАТОРИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Питання:

1. Індикаторне значення та екологічні особливості водоростей водних місцезростань.
2. Прибережно-водяна рослинність і типологія водойм.
3. Індикаторне значення прибережно-водяних рослин.

1. Індикаторне значення та екологічні особливості водоростей водних місцезростань

Водорості належать до фотоавтотрофних організмів, а тому провідними факторами, що впливають на їхній розвиток є:

1. світло,
2. температура,
3. наявність краплинно-рідкого водного середовища,
4. джерела мінеральних та органічних речовин.

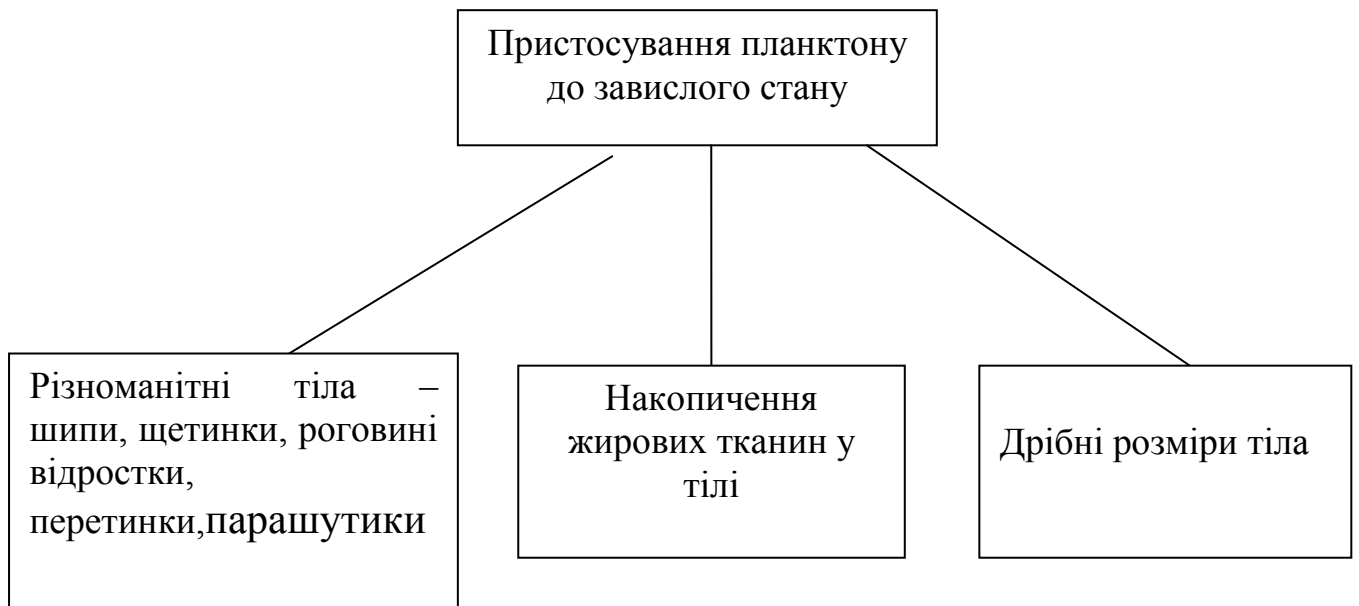
ВОДРОСТІ – рослини, що населяють практично всі можливі місця існування в гідросфері, атмосфері й літосфері Землі.

Вони поширені на всій Земній кулі, трапляються в різних типах водойм.

Відомі різноманітні екологічні групи цих організмів:

- 1) планктонні водорості;
- 2) бентосні;
- 3) наземні водорості;
- 4) ґрунтові водорості;
- 5) водорості гарячих джерел;
- 6) водорості снігу та льоду;
- 7) водорості солоних водойм;
- 8) водорості вапнякових субстратів.

ПЛАНКТОННІ водорості – це організми, що містяться у воді в завислому стані, разом із представниками поверхневої плівки води (нейстону). ФІТОПЛАНКТОН-сукупність вільно плаваючих у товщі води водоростей та інших рослин. Видовий склад планктонних водоростей у різних водоймах залежить від фізичного та хімічного режимів у водоймі, сезонності розвитку та біологічної специфіки конкретної групи водоростей [1; 4].



БЕНТОСНІ (донні водорості) представлені сукупністю організмів, пристосованих до існування в прикріпленому чи неприкріпленому стані на дні водойм (чи біля дна) та на різноманітних предметах, живих і мертвих організмах, що містяться у воді. Один і той самий рівень фотосинтезу може бути досягнутий організмами фітобентосу в умовах течії при меншій освітленості, що сприяє росту крупніших таломів із більшим складом білку та вуглеводів. Рух води запобігає осіданню на скелі й каміння мулистих часточок, які заважають закріпленню ділянок водоростей-ризоїдами, сприятливих для росту бентосних водоростей. Вплив руху води на розвиток бентосних водоростей особливо помітний у річках, струмках та гірських потоках.

Залежно від місця проростання, серед бентосних водоростей виділяють такі екологічні групи:

- 1) ЕПЛІТИ – ростуть на поверхні твердого ґрунту (скелях, камінні

тощо),

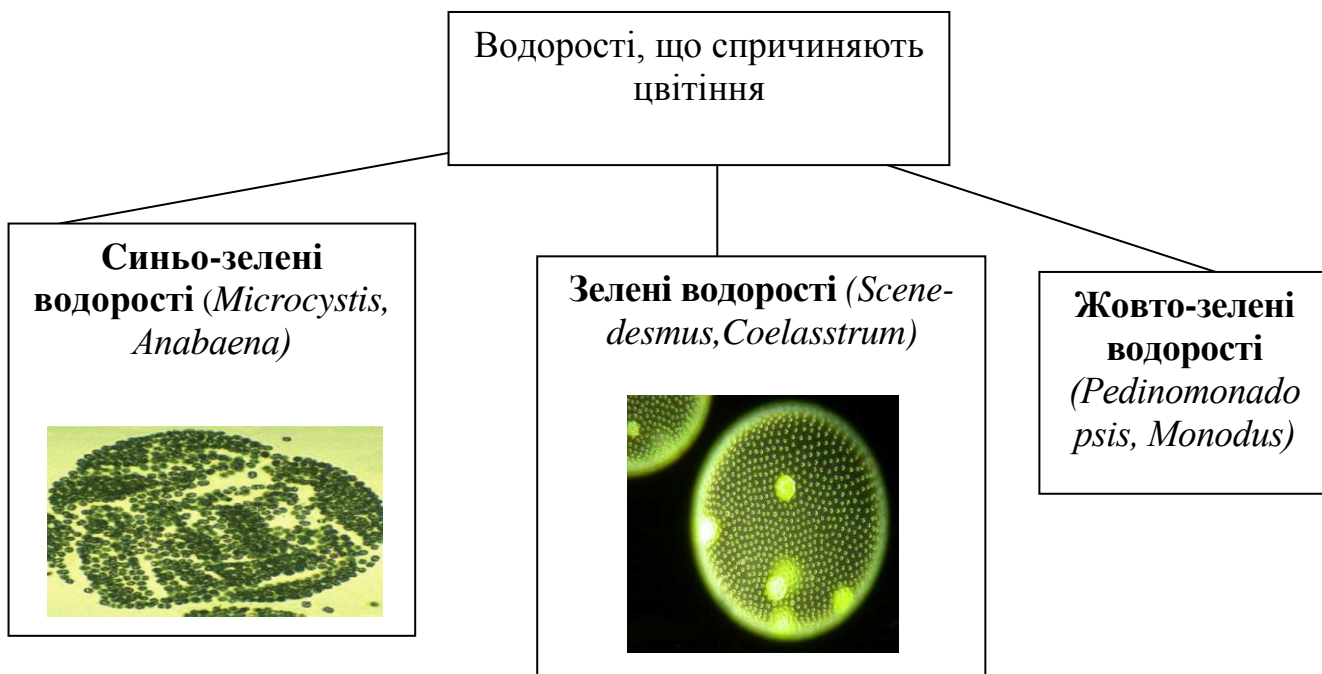
- 2) ЕПШЕЛІТИ – населяють поверхню пухких ґрунтів (пісок),
- 3) ЕПФІТИ – ростуть на поверхні інших рослин,
- 4) ЕНЕОЛІТИ (*або сверлячі водорості*) – занурюються в субстрат (скелі, мушлі молюсків, панцирі ракоподібних),
- 5) ЕНДОФІТИ – поселяються в таломі інших рослин, проте, на відміну від інших паразитичних видів, мають нормальні хлоропласти.



«ЦВІТІННЯ» ВОДИ – це явище, коли від значного нагромадження водоростей середовище чи субстрат набувають зеленого, червоного, блакитного або жовтого забарвлення, що виникає через масовий розвиток одного чи декількох найпристосованіших до цих умов видів водоростей. Інтенсивність «цвітіння» буває настільки великою, що виникають навіть певні проблеми для судноплавства. Нестача кисню призводить до літніх задух риб та інших гідробіонтів, а також гальмує процеси самоочищення й мінералізації органічної речовини [1; 4].

Під час бродіння та розкладання водоростей у воді накопичується ацетон, масляна та оцтова кислоти, бутиловий спирт, феноли, аміни типу трупних

отрут й ін. У штиль море набуває непривабливого естетичного вигляду. Воно нібито схоже на темно-зелені луки, а восени, коли починається активна вегетація діатомей – болота із темно-коричневою водою та відповідним запахом.



2. Прибережно-водяна рослинність і типологія водойм

Водойми за трофністю класифікують на чотири основні групи:

1. *оліготрофні*,
2. *мезотрофні*,
3. *евтрофні*,
4. *дистрофні*.

Розвиток гідробіонтів насамперед визначається умовами водного середовища – прозорістю води, умістом біогенних елементів, концентрацією кисню, температурним режимом, величинами рН тощо. Тому за кількістю й видовим складом організмів, інтенсивністю продукційних і деструкційних процесів можна визначити тип водойми. Розвиток водної рослинності тісно пов'язаний із гідрологічними особливостями водойми, розмірами й морфометрією улоговини, хімічним складом вод, характером і розподілом донних відкладень й іншими чинниками. Ступінь трофності водойм дає повне

уявлення про екологічні умови існування організмів і характеризується певними ознаками.

ОЛІГОТРОФНІ ВОДОЙМИ відрізняються значною глибиною, високою прозорістю (за диском Секки – до 4–20 м і більше), присутністю кисню у всій товщі води впродовж усього року. Вони займають глибокі тектонічні й ерозійні западини зі слабовираженою літоральною зоною. Донні відкладення бідні органічною речовиною. В озерах такого типу життя водяних рослин обмежене малою кількістю біогенних сполук і низькою температурою води, недостатньою літоральною зоною. До оліготрофного типу належать такі озера, як Байкал, Ладозьке, Онезьке, Іссик-Куль, Кара-Куль, Тургояк, Севан, а також більшість водойм у гірських районах і північних областях.

МЕЗОТРОФНІ ВОДОЙМИ характеризуються проміжними ознаками між оліготрофними й евтрофними. Вони характерні для лісової й лісостепової зон із типовими підзолистими ґрунтами, а загалом поширені у всіх природно-географічних зонах. У мезотрофних водоймах переважають сірі, глинисті або піщані донні відклади. У рослинному покриві домінує напівзанурена рослинність (очерет). Серед занурених рослин переважають харові водорості. Для мезотрофних озер характерний багатший видовий склад флори та висока біомаса прибережно-водяної рослинності, що зумовлює процеси евтрофікації.

До мезотрофних водойм належать Київське, Можайське водосховища, озера Плещево, Глибоке, Нароч тощо [1; 4].

ЕВТРОФНІ ВОДОЙМИ характеризуються високою біологічною продуктивністю. Найчастіше – це неглибокі водойми з найбільшою кількістю біогенних з'єднань із водозбірної площі. Вони розміщуються в рівнинній або слабогорбистій місцевості за наявності осадових порід. У добре освітленій і прогрітій водоймі інтенсивно розвивається фітопланктон, який у літні місяці досить часто призводить до її евтрофікації.

Серед цієї групи водойм найбільше заростають (практично на 100 %) мілководні й прозорі озера. Домінуючими в них є занурені макрофіти (переважно рдести). В екологічно оптимальних умовах евтрофних водойм спів-

товариство прибережно-водної рослинності сягає найбільшої різноманітності й високих біомас, на відміну від інших водойм за ступенем трофності або порушених біотопів. Тому її можна використовувати як індикатор для визначення типу водойми за ступенем трофності.

До великих евтрофних водойм належать озера Ільмень, Чудське, Неро, Чани, Мястро, Цимлянське водосховище тощо.

ДИСТРОФНІ ВОДОЙМИ поширені в північних районах лісотундри й лісової зони. Береги озер, складені з торф'яних сфагнових мохів, вода слабо-мінералізована й багата гуміновими речовинами. За рахунок цього вона найчастіше зафарбована в темні кольори. У таких озерах прозорість води не перевищує 2–4 м, рН 4–6,5, карбонатів дуже мало. Водойми багаті на органічну речовину. Донні відклади представлені торфовищами, пісками або збідненими ґрунтами підзолистого типу.

У дистрофних водоймах видовий склад рослин украй бідний (5–10 видів), причому панівне положення займають мохи. Для них характерний широкий спектр заростання прибережною рослинністю – від слабо до майже повністю зарослих.

Вища водяна рослинність росте в прибережній смузі всіх типів водойм: оліготрофних, евтрофних і дистрофних. Однак найбільш сприятливим для її розвитку є евтрофний тип водойми з вираженою літораллю, мулистим дном, високою прозорістю, наявністю в товщі води й донних відкладах достатньої кількості біогенних елементів.

3. Індикаторне значення прибережно-водяних рослин

Прибережно-водяна рослинність є індикаторами для визначення певного типу водойми за ступнем трофності.



1

2

3

Рис. 28. Рослини-індикатори хлоридних вод: 1 - *Ruppia maritime*; 2- *Zostera marina*; 3- *Bolboschoenus maritimus*

Про наявність антропогенного впливу на водні екосистеми свідчить пишній розвиток стрілолиста звичайного, частухи подорожникової, елодеї канадської, тілоріза алоєподібного, куширу зануреного, урути колосистої.

Аналіз розвитку водної рослинності у водоймах, що зазнають різного ступеня евтрофікації, здійснили білоруські вчені Г. С. Гигевич, Б. П. Власов, Г. В. Винаєв у 2001 р. [1;4]. Установлено, що:

- 1) занурена рослинність досить повно характеризує стан водойми та зміни, що відбуваються в ній;
- 2) біомаса гідрофітів й індекс сапробності(розрахований для зануреної рослинності, добре співвідноситься з лімнічними показниками води. Занурена рослинність досить повно характеризує загальний стан водойми й зміну в ній екологічних умов)
- 3) антропогенне евтрофікування водойм призводить до структурної перебудови співтовариств гідрофітів
- 4) прибережно-водяна рослинність більш консервативна, ніж співтовариства фіто-, зоопланктону й бентосу, тому видовий склад

макрофітів, їхня біомаса та проективне покриття є показниками зміни якості води.

Озера з розвиненою зануреною рослинністю характеризуються найбільшою стійкістю щодо зростаючого антропогенного навантаження.

Менш стійкими до зростаючого впливу антропогенного навантаження є водойми з переважанням у рослинному покриві харових водоростей. Це слабомінералізовані озера з ознаками оліготрофів. Слабомінералізовані озера з домінуванням олігосапробних видів (полушник озерний, водяні мохи) відрізняються бідністю й специфічністю видового складу рослин.

Зі збільшенням біогенного навантаження фітопланктон здатний конкурувати із зануреними гідрофітами й викликати «цвітіння» води. Це призводить до :

1. зменшення прозорості й зникнення окремих видів рослин,
2. скорочення площі їх заростання,
3. питома вага зануреної рослинності знижується до 20–40 % маси гідрофітів,
4. індекс сапробності зростає до 1,8–2,0 за рахунок зникнення β -мезосапробних видів (кушир, урути, елодеї, широколистих рдестів);
5. появи α -мезосапробних видів (штукенії гребінчастої, рдеста кучерявенького тощо).

У таких озерах переважають повітряно-водяна рослинність і рослини із плаваючими листками.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Як класифікують водойми за трофністю?
2. Охарактеризувати оліготрофні водойми й навести приклади озер цього типу.
3. Охарактеризувати та навести приклади мезотрофних водойм.
4. Охарактеризувати й навести приклади евтрофних водойм.
5. Що таке дистрофні водойми?
6. Назвати рослини – індикатори антропогенного забруднення й чистоти водойм.

ВИЩІ ВОДНІ РОСЛИНИ



Ричія плаваюча
Riccia. Flutans L.



Полушник озерний
Isoetaceae lacustris. L



Хвоц трясковинний
Equisetum. Helcocharis



Сальвінія плаваюча
Salvinia natans



Марсилія чотирилиста
Marsilea. Quadrifolia L



Рогіз широколистий
Typha. Latifolia L



Рогіз вузьколистий
Typha Angustifolia L



Їжакоголівник простий
Sparganiaceae Simplex



Рдест ниткоподібний
Potamogeton. Filiformis



Рдест гребінчастий
P. Gectinatus L.



Рдест кучерявий
P. crispus. L



Рдест плаваючий
P. natan. L



Рдест блискучий
P. lucens L



Рдест пронизанолистий
P. Pectinatus L.



Наяда морська
Najas Marina L



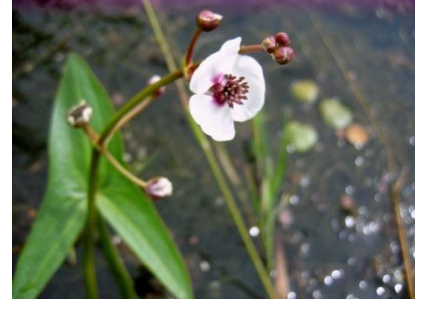
Тріостренник болотний
Triglochin Palustris L



Шейхцерія болотна
Scheuchzeria palustris L.



Частуха подорожникові
Alisma plantago-aquatica



Стрілолист звичайний
Sagittaria L



Сусак зонтичний
Butomus umbellatus



Валіснерія спіральна
Vallisneria spiralis



Елодея канадська
Elodea canadensis



Тілоріз звичайний
Stratiotes L



Водокрас звичайний
Hydrocharis Torsus ranae L



Очерет озерний
Scirpus lacustris L



Осока водяна
Carex aquatilis



Осока гостра
Carex acuta L



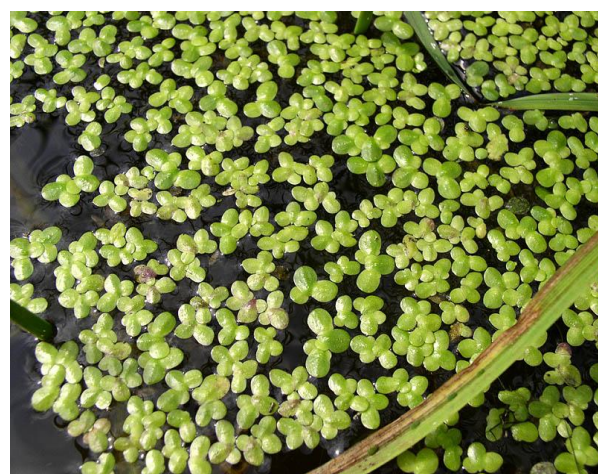
Ситняг болотний
Eleocharis palustris



Лепеха звичайна, болотна
Acorus calamus L



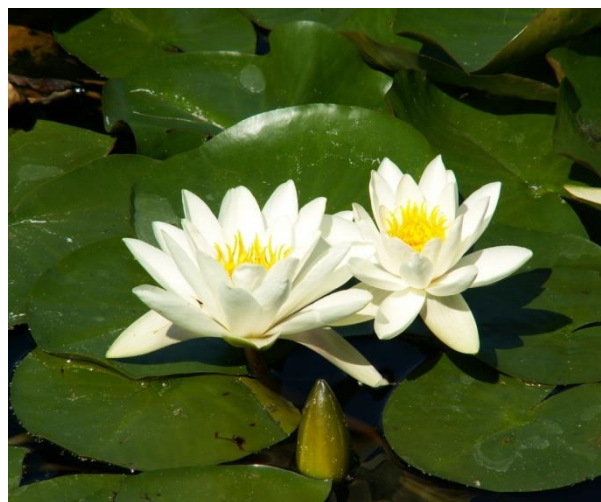
Ряска маленька
Lemna minor L.



Ряска тридольна
Lemna trisulca L.



Горець земноводний
Polygonum amphibium L



Латаття білосніжне
Nymphaea candida



Глечики жовті
Nuphar lutea



Калюжниця болотна
Caltha palustris L



Водяний горіх
Trapa natans L



Уруть кільчаста
Mariophyllum verticillatum L



Хвостник звичайний
Najas vulgaris L

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боярин М.В, Нетробчук І. М. Основи гідроекології : теорія й практика : навч. пос. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 364 с.
2. Константинов А. С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк.,1986. 472 с.
3. Курілов О. В. Гідробиологія : конспект лекцій. Частина І, ІІ. Одес. держ. еколог. ун-т, 2009. 202 с. URL: www.twirpx.com/file/370886/
4. Романенко В. Д. Основи гідроекології: Підручник. К.,Обереги. 2001. 728 с.
5. Трушева С. С. Гідробиологія : Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни / відпов. за вип. М. О. Клименко. Рівне : РВЦ Нац. ун-ту водного господарства та природокористування, 2005. 70 с. URL: www.twirpx.com/file/393951/
6. Уваєва О. І., Коцюба І. Г., Єльнікова Т. О. Гідробиологія: навчальний посібник. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. 196 с

Додаткова література

1. Задорожна Г. М., Щербак В. І. [Вплив сонячної радіації і температури води на розвиток фітопланктону Канівського водосховища](#). *Гидробиол. журн.* 2016. Т. 52, № 5. С. 18–27.
2. Майстрова Н.В. [Солонуватоводні діатомові водорості та їх поширення в Дніпровських водосховищах](#). *Природничий альманах*. Сер.: Біологічні науки. Вип. 7. Херсон: Персей, 2006. С. 141–147.
3. Майстрова Н. В. [Різноманітність фітопланктону Київського водосховища](#). *Укр. ботан. журн.* 2009. Т. 66, № 2. С. 220–233.
4. Лапшин Ю. С., Клоченко П. Д., Кузьминский В. А., Загорчевна Н. Б., Дьяченко Т. Н. [Борьба с эвтрофикацией Днепровских водохранилищ и заболоченных пойм малых рек Украины](#). *Екологічні науки*. 2017 (18-19). С. 104–107.
5. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко та ін. / за ред. В. Д. Романенка. НАН України. Ін-т гідробиології. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с.
6. Нетробчук І. М. Практикум із курсу «Методи гідроекологічних досліджень». Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2007. 76 с.
7. Нетробчук І.М. Методичні рекомендації для проведення практичних робіт з курсу «Основи гідробиології». Луцьк: РВВ «Вежа», 2005. 44 с.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Лекція 1. Гідробіологія як наука.	4
Лекція 2. Фізико-хімічні умови існування гідробіонтів у водоймах.....	6
Лекція 3. Екологічна зональність водойм та їх біотопи	11
Лекція 4. Життєві форми пелагіалі та їх адаптації до середовища існування.....	15
Лекція 5. Життєві форми бенталі та їх адаптації до середовища існування.....	20
Лекція 6. Роль температури в житті гідробіонтів.	33
Лекція 7. Водно-сольовий обмін гідробіонтів.....	37
Лекція 8. Газообмін гідробіонтів	47
Лекція 9. Роль світла в житті гідробіонтів	55
Лекція 10. Живлення гідробіонтів.....	64
Лекція 11. Рослинні індикатори екологічного стану поверхневих вод.....	72
Список використаних джерел	86

Навчально-методичне видання

Петробчук Ірина Марківна

**ГІДРОБІОЛОГІЯ
КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

Друкується в авторській редакції

Формат 60x84 ¹/₁₆. Обсяг ум. друк. арк., обл.-вид. арк. Наклад 50 пр. Зам.
Видавець і виготовлювач – Вежа-Друк (м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. (0332) 29-90-
65).

Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України
ДК № 4039 від 08.04.2011 р.