

Лекція №1. Гідроекологія як наука

План

1. Вступ. Визначення поняття «гідроекологія». Найважливіші проблеми науки.
2. Предмет, завдання й методи гідроекології.
3. Наукові установи, що здійснюють гідроекологічні дослідження в Україні.
4. Фактори впливу у водному середовищі та їх дія на гідробіонти.

Хід заняття

1. *Гідроекологія* – це наука про взаємовідносини водних організмів між собою та з неорганічною природою, що їх оточує, про зв'язки в екосистемах, про структуру і функціонування цих екосистем. Гідроекологія вивчає закономірності життя переважно на надорганізмених рівнях – популяційному, біоценотичному та екосистемному – у нерозривному зв'язку з умовами водного середовища й прилеглих територій. За визначенням В. К. Хільчевського, В. І. Пелешенка, М. Д. Гродзинського (1995) гідроекологія – це вчення про зв'язки між гідрохімічними, гідрологічними і гідробіологічними процесами у водах, які містяться у компонентах навколишнього середовища та впливають на життєдіяльність організмів і мають склад та властивості, сформовані під дією природних і антропогенних факторів.

Гідроекологія – це не лише біологічна наука, а й соціально-екологічна дисципліна, оскільки вона розглядає вплив господарської діяльності людини на якість води, стан та функціонування водних екосистем у цілому як складників довкілля людини й тому має велике соціальне значення. Серед найважливіших проблем сучасної гідроекології особливо виділяється – якість води та біологічна продуктивність водойм, зокрема екологічні основи формування якості води в екосистемах різних водних об'єктів – у річках, озерах, водосховищах, лиманах, морях і океанах. Це процеси забруднення, самоочищення, реакції екосистем на різні антропогенні впливи: евтрофікація, органічне забруднення, підігрів теплими водами атомних та теплових електростанцій (термофікація), кислотні дощі (ацидифікація), токсичне забруднення (токсифікація), радіонуклідне забруднення тощо, а також зміни у водних екосистемах унаслідок гідробудівництва (спорудження гребель, каналів тощо) . У роботах В. М. Тімченка (Інститут гідробіології НАН України) зазначається, що необхідно розкривати природу взаємозв'язків гідрологічних явищ та особливостей екосистем водних об'єктів та вказується на основні проблеми гідроекології: кількісну оцінку основних елементів гідрологічного (лімітуючі умови абіотичного середовища) та гідробіологічного режимів, механізм впливу

гідрологічних умов на біотичні компоненти екосистем та інші абіотичні чинники, розробка методів контролю та управління ключовими гідрологічними чинниками, які визначають структурно-функціональні особливості співтовариств гідробіонтів з метою регулювання якості вод, стану екосистем, біопродуктивності та рибопродуктивності водних об'єктів. Збереження та відновлення біологічної продуктивності водойм є спільною проблемою гідроекології, гідробіології та іхтіології, з якою пов'язане розв'язання багатьох проблем рибного господарства та рибного промислу – рибництво в природних водоймах, ставкове рибництво, відтворення запасів риб, промислових безхребетних тварин (раків, крабів, молюсків) та водоростей, штучне розведення корисних водяних тварин (аквакультура) і боротьба зі шкідливими організмами, а також багато інших питань використання водяних організмів у народному господарстві. В умовах посиленого антропогенного тиску біологічна продуктивність водойм істотно знижується, тому вона безпосередньо зв'язана з водністю та якістю води.

2. Основна мета досліджень і практичної діяльності в галузі гідроекології полягає в науковому обґрунтуванні шляхів та засобів збереження водного середовища й життя в ньому. У поєднанні з науково-технічними розробками гідроекологічні дослідження дають змогу розв'язувати проблеми збереження довкілля найбільш раціонально й економічно ефективно. У світовій практиці такий підхід називається менеджментом довкілля. Провідними завданням сучасної гідроекології є оцінка та прогноз динаміки стану водних екосистем залежно від антропогенного впливу і якості природних вод. Для розв'язання своїх завдань гідроекологія, як і кожна природнича наука, спирається на багатий арсенал методів: спостереження в природі; вивчення видового складу живого населення водойм та кількісних показників розвитку окремих видів; хімічний аналіз води й донних відкладень; експерименти на окремих популяціях, біоценозах та екосистемах; лабораторні експерименти й експерименти на природних водоймах; фізичне та математичне моделювання водних екосистем; застосування новітніх технічних засобів – підводного телебачення, різних датчиків для отримання оперативної інформації. Для опрацювання отриманої інформації застосовують комп'ютерну техніку, аерофотозйомку великих водних об'єктів і фотографування з космосу – зі штучних супутників Землі, що дають широкомасштабну панораму водних систем. Для біологічних досліджень водного середовища застосовують спеціальні прилади – планктонні сітки, планктонозбирачі, планктоночерпаки, трали, драги, дночерпаки (для збирання проб донних тварин), які дають змогу аналізувати видовий склад водної флори й фауни, а також обраховувати чисельність та біомасу організмів у певних точках водойм та їх динаміку в просторі й часі. Для успішного розв'язання складних практичних питань сучасної гідроекології потрібно насамперед мати імітаційні математичні моделі:

- 1) модель водного режиму (балансову, гідротермодинамічну та ін.) річки, водосховища, озера або іншого водного об'єкта з урахуванням їх водності, водообміну та водоспоживання на окремих ділянках водоймища, величини підземного стоку, випаровування з поверхні водного дзеркала;
 - 2) модель водно-сольового режиму, що враховує водність, водообмін і водоспоживання водного об'єкта, а також надходження солей зі стічними та підземними мінералізованими водами;
 - 3) модель розповсюдження й накопичення різних токсичних і радіоактивних речовин за різними компонентами водної екосистеми (вода, дно, біота) з урахуванням процесів фізичної, хімічної та біологічної трансформації цих забруднювачів;
 - 4) модель динаміки розчинених у воді кисню й органічних речовин, що легко окислюються (розкладаються) мікроорганізмами: модель РК-БСК
 - 5) моделі динаміки біогенних елементів, які враховують вплив азоту та фосфору на інтенсивність процесів первинної продукції органічної речовини (фотосинтезу) та на процеси евтрофікації, гіперевтрофікації («цвітіння» води) водосховищ, озер і лиманів у різні сезони року.
- За допомогою таких імітаційних моделей (сценаріїв) можна не тільки аналізувати й прогнозувати стан і динаміку досліджуваних явищ, а також здійснювати екологічне та еколого-економічне обґрунтування.

3. У багатьох розвинутих країнах світу, а в останні роки і в Україні, дані моніторингу, що здійснюється різними організаціями та установами, концентруються в національних комп'ютерних центрах (геоінформаційних системах). В Україні гідроекологічними дослідженнями займаються наукові установи Національної академії наук:

- Інститут біології південних морів ім. О. О. Ковалевського (філіал в Одесі);
- Інститут гідробіології (Київ);
- Інститут біології Дніпропетровського університету;
- Інститут екологічних проблем (Харків).

Гідроекологічні питання, пов'язані з інтересами рибного господарства, вивчають також Український науково-дослідний інститут рибного господарства Української аграрної академії наук (УААН), Одеський філіал. Окремі питання гідроекології розробляються на кафедрах Дніпропетровського, Київського, Львівського, Одеського, Ужгородського, Харківського й Чернівецького національних університетів. Оперативний моніторинг стану вод (гідрологічні, гідрохімічні та гідробіологічні показники) в річках, водосховищах та інших водних об'єктах здійснює Гідрометеорологічна служба України, Державне агентство водних ресурсів України, Державна екологічна інспекція, Державне управління екології та природних ресурсів. Гідроекологічним дослідженням властива комплексність, тобто колективна праця багатьох фахівців, котрі вивчають і водне середовище, і його живе населення. Дослідження та

спостереження на водоймах можуть мати стаціонарний характер, тобто проводитися на певних постійних об'єктах – річках, озерах, ставках. Для постійних спостережень організуються гідрологічні, гідрохімічні, метеорологічні пости та гідробіологічні станції. При дослідженні морів та океанів, великих річок і побудованих на них водосховищах застосовують експедиційний метод, тобто виїзди наукових колективів за задалегідь наміченими маршрутами на кораблях, спеціально обладнаних для наукових досліджень. Такі кораблі є в розпорядженні науково-дослідних установ багатьох країн. В Україні протягом 60–90 років працювали такі судна, як «Академік Вернадський», «Гідробіолог» (на Дніпрі), «Професор Топачевський» (на Дніпрі й Дунаї), лайнер «Академік Зернов» (на пониззях Дніпра та лиманах північно-західного Причорномор'я), «Олександр Ковалевський», «Професор Водяницький», «Гідролог» (на морях й океанах). Експедиції на цих суднах зібрили багатий матеріал, який покладено в основу багатьох наукових розробок.

5. Фактори впливу у водному середовищі та їх дія на гідробіонти. Вода є не тільки навколишнім середовищем для гідробіонтів, а й одночасно їхнім внутрішнім середовищем, оскільки тіло гідробіонтів на 90 % складається з води. Гідробіонти створюють також зовнішнє середовище один для одного, виділяючи й споживаючи кисень і діоксид вуглецю, виділяючи продукти свого обміну (екзометаболіти), поїдаючи одне одного (хижаки–жертви) тощо. Усі параметри довкілля, які так чи інакше впливають на життя у водоймах становлять фактори, що поділяються на абіотичні, біотичні та антропогенні. До абіотичних факторів належать: космічні фактори – це, насамперед, сонячне випромінювання, до складу якого входять 45 % видимого світла, до 10 % – ультрафіолетового та 45–інфрачервоного випромінювання. Завдяки сонячній радіації можливий фотосинтез водяних рослин – основний процес утворення органічної речовини. Сонячна радіація зумовлює нагрівання води, тобто впливає на її температуру – найважливіший екологічний фактор життєдіяльності водяних організмів. Крім того, на все живе на Землі, у тому числі й гідробіонтів, діють різні види космічного випромінювання: гамма-промені та інші радіоактивні інгредієнти, а також магнітне поле Землі, що періодично збурюється під впливом вибухів на Сонці. Природний магнетизм відіграє значну роль у міграціях водяних ссавців (китів, кашалотів, дельфінів) та деяких мігруючих риб (вугрів). Найважливіше екологічне значення мають сили всесвітнього тяжіння, які зумовлюють припливно-відпливні явища в океанах і морях, а з ними найтісніше пов'язані мінливі умови життя організмів шельфу та літоралі, яка періодично обводнюється й засихає. Чергування дня та ночі й інші періодичні явища пов'язані з обертанням Землі навколо Сонця, впливають на поведінку, спосіб життя й процеси розмноження водяних тварин. Наслідком пристосування гідробіонтів до періодичних коливань космічних факторів є формування так

званого «біологічного годинника», тобто ритмічних коливань життєвих процесів водяних тварин згідно з коливаннями умов довкілля (вони зберігаються й у тих випадках, коли гідробіонти живуть поза межами свого природного середовища, наприклад в акваріумах). Біоритми властиві навіть водоростям (наприклад вони відомі в синьо-зеленої водорості осциляторії). Цей механізм запрограмований генетично внаслідок тривалого еволюційного процесу. До чергування дня й ночі пристосувалося багато «нічних» тварин, які живляться переважно вночі. Сезонні зміни пов'язані з обертанням Землі навколо Сонця, а у зв'язку з ним – із коливаннями температури води та позначаються на всьому складі гідробіонтів: весняний, літній, осінній планктони систематично змінюють один одного у водоймах. Процеси розмноження гідробіонтів приурочені до теплих періодів, тоді як восени життя пригнічується, а взимку завмирає, значна частина тварин перебуває в стані анабіозу або відкладає стійкі яйця (спори, цисти), рослинні організми відмирають. Риби здебільшого не живляться й зимують у нерухомому стані. Спалахи розмноження гідробіонтів (або «хвилі життя», за В. І. Вернадським) також приурочені до сезонних змін температури та освітлення. Загалом, усе життя у воді цілком підлягає впливу Сонця й пов'язаних із ним ритмів фізичних, хімічних, гідрологічних та інших процесів в природних умовах. Із земних (абіотичних) факторів найбільше екологічне значення мають фізичні й хімічні властивості самої води – питома вага, в'язкість, поверхневий натяг, каламутність, освітленість, прозорість. Гідрологічний режим водойм зумовлює формування специфічних угруповань організмів. Наприклад організмів пристосованих до умов уповільненого стоку (стагнофільні угруповання) чи до умов проточності (реофільні угруповання). На великих глибинах океанів і морів найважливішим серед фізичних факторів є тиск води. Фізико-хімічні фактори – це активна реакція середовища (рН), окисно-відновний потенціал (Eh), лужність, жорсткість, осмотичний тиск. Хімічні фактори – це вплив вмісту кисню, діоксиду вуглецю, інших розчинених газів, мінералізації, сольового складу, концентрація органічних речовин, наявність забруднювальних речовин різного хімічного складу на водні живі організми. Для донних організмів важливе значення, як фактори, мають структура донних відкладень, рівень замуленості, вміст органічної речовини в мулах тощо. Біотичні фактори – це самі водяні організми, що по-різному впливають один на одного та на оточуюче їх середовище. Серед них – зміна умов (кондиціонування) середовища переважаючими видами (едифікаторами), наприклад поїдання одних видів іншими (рослин – тваринами, «мирних» тварин – хижими, – тобто процеси, що формують трофічні ланцюги (система «хижак–жертва»); паразитування одних організмів на інших; використання одних організмів як місця притулку інших та багато інших зв'язків, що складаються між мешканцями водойм за тривалий чи короткий час існування екосистеми. Будь-який організм чи об'єднання організмів завжди живе в системі екологічних зв'язків у поєднанні різних взаємодіючих факторів. Наслідком такої взаємодії стає або процвітаюче життя, або виживання, або смерть як на організменому, так і на популяційному та біоценотичному рівнях, хоча

надорганізмені системи більш стійкі до коливання факторів, ніж окремі особини. У ХХ ст. найбільшого значення для водного середовища набули антропогенні фактори. Найважливіші антропогенні фактори, що впливають на весь хід біологічних процесів у біосфері – це гідротехнічне будівництво (зарегулювання річок греблями, міжбасейнове перекидання стоку тощо), надмірне водокористування, забруднення водойм стічними водами різних виробництв та комунально-побутовими стоками, нафтове забруднення морів й океанів унаслідок аварій танкерів, а прісних вод – у результаті судноплавства та використання моторних човнів для рекреації й рибальства, тощо. Серед факторів, які найбільше змінюють якість природних вод і знижують біологічну продуктивність водойм, можна відзначити такі: підвищення вмісту у воді біогенних речовин – азоту й фосфору, що призводить до надмірного розвитку водоростей і подальшого самозабруднення водойм при їх відмиранні – евтрофікації; органічне забруднення (сапробізація); токсичне забруднення хімічними речовинами різного походження (токсифікація); теплове забруднення внаслідок скидання у водні об'єкти підігрітих вод теплових та атомних електростанцій; кислотні дощі, що змінюють реакцію води (рН) (ацидифікація), у 50–70 рр. – радіоактивне забруднення, яке виникає під час аварій на атомних електростанціях (в Україні це аварія на Чорнобильській АЕС, 1986 р.). Водночас на водяні організми протягом усієї геологічної історії Землі впливали природна радіоактивність гірських порід, океанічного дна та інших природних джерел. Абіотичні й антропогенні фактори піддаються кількісному вимірюванню та виражаються у відповідних міжнародних стандартних одиницях виміру. Кожний вид має свою шкалу відношень до тих чи інших факторів (екологічна валентність). Така шкала термінологічно визначається префіксами: «оліго» – мало, «мезо» – помірно, «полі» – багато, а також «стено» – постійно або стабільно та «еврі» – скрізь. Фактори за їх кількісним значенням можуть визначатися для певних видів на рівні мінімуму, оптимуму або максимуму. Найгірший рівень, що призводить до загибелі організмів, називається песимумом. Серед факторів виділяють особливо важливі (лімітуючі), наприклад уміст кисню, фосфатів тощо. Різні фактори можуть взаємодіяти між собою, підсилюючи або послаблюючи негативний вплив на біоту. У першому випадку йдеться про синергічну дію, а в другому – про антагоністичну. Наприклад, отруєння риб посилюється за умови кисневого дефіциту, а вищі водяні рослини є антагоністами водоростей, оскільки виділяють речовини, які згубно діють на водорості (альгіциди або антибіотики природного походження). До того ж характер взаємодії може бути не прямим, а опосередкованим через низку проміжних процесів, або дія може бути двобічною: наприклад риба білий амур, виїдаючи вищі водяні рослини, загалом підвищує рибопродуктивність ставів, але разом із тим підриває кормову базу коропа, який живиться серед заростей макрофітів, та спричиняє погіршення газового режиму внаслідок їх видалення. Багатофакторність водного середовища та взаємодія факторів зумовлюють ті труднощі, які виникають при з'ясуванні причин певних аномальних явищ у

водних екосистемах і прогнозуванні змін, що можуть виникати під впливом природних чи антропогенних факторів.

Контрольні питання

1. Назвіть основні напрями гідроекологічних досліджень.
2. Охарактеризуйте предмет і завдання гідроекології.
3. Встановіть зв'язок гідроекології з іншими науками.
4. Дайте визначення поняття «гідроекологія». Найважливіші проблеми науки.
5. Які ви знаєте наукові установи, що здійснюють гідроекологічні дослідження в Україні?
6. Дайте визначення поняття «водяний організм».
7. Укажіть фактори впливу у водному середовищі та їхню дію на гідробіонтів.
8. Дайте визначення поняття «біотичні фактори».
9. Дайте визначення поняття «абіотичні фактори».
10. Назвіть основні методи гідроекології.

Список рекомендованої літератури

1. Андрущенко А.І. Рибництво. Том 1. Підручник. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.
2. Андрущенко А.І. Рибництво. Том 2. Підручник Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 612 с.
3. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
4. Товстик В. Ф. Рибництво. Навчальний посібник. Харків. Еспада. 2004. 272 с.
5. Хвесик М.А., Рижова К.І. Рибне господарство України (екологоекономічний аспект). Київ. РВПС України НАН України. 2004. 53 с.
6. Шарило Ю.Є., Вдовенко Н.М., Федоренко М.О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Київ. 2016. 119 с.
7. Шерман І. М. Рибництво. Київ. 2002. 192 с.
8. Шерман І. М. Ставове рибництво. Київ. 2008. 336 с.
9. Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ. Вища освіта, 2005. 351 с.

Лекція №2. Екологічні чинники життєдіяльності гідробіонтів

План

1. Взаємозв'язок між водними організмами й розчиненими у воді солями.
2. Процеси осморегуляції в гідробіонтів.
3. Біогенна міграція мікроорганізмів.
4. Адаптація гідробіонтів.

Хід заняття

1. У прісних водоймах (до 0,5 ‰) найважливішими є розчинені речовини, карбонати й сульфати. Велику біологічну роль відіграє кальцій. Інколи він стає обмежуючим фактором, оскільки для багатьох організмів (молюски, ракоподібні) він необхідний для побудови раковини чи панцира. Тверда вода - якщо в 1 дм³ міститься більше 25 мг кальцію, м'яка – якщо його кількість не досягає 9 мг. Водойми, солоність яких не перевищує 0,005 ‰, – сфагнові болота. Однією з найбільш характерних особливостей населення прісних водойм є видова бідність. У прісних водоймах відсутні голкошкірі, губки, кишковопорожнинні, проте поширені веслоногі, ракоподібні, амфібії. Переважають у цих водоймах коловертки, олігохети, молюски.

Прісноводні водорості й безхребетні характеризуються великим географічним поширенням, тому у видовому складі не спостерігається помітних відмінностей. Більшість із цих організмів адаптувалися до пасивного розселення, зимівлі, переживання посушливих періодів у вигляді цист, внутрішніх бруньок. Стадія спокою в них може тривати 1–2 роки й більше. До солонуватих водойм (0,5–30 ‰) належать лимани, широкі морські області поблизу впадання великих річок, багато внутрішніх морів. Солонуваті води характеризуються непостійністю сольового режиму що є протилежністю прісним і морським басейнам із їх постійною солоністю. В одних водоймах зміна солоності відбувається поступово, наприклад у Балтійському морі, в інших вона проявляється різко. Населення солонуватих водойм складається з трьох груп: морських, прісноводних, специфічних солонуватоводних організмів. Представники морської групи здатні витримувати пониження солоності до 5–8 ‰, наприклад двостулкові молюски, діатомові водорості. Інколи морські води становлять основу населення солонуватих басейнів у Балтійському та Азовському морях. Деякі організми прісноводного походження здатні існувати при солонуватості 6–8 ‰. Специфічні солонуватоводні організми – це, наприклад представники оселедцевих і бичкових. У видовому відношенні населення солонуватої води значно бідніше фауни й флори морських і прісноводних басейнів. Розповсюдженню морських та прісноводних організмів у солонуватих водах перешкоджає зміна складу солі. Для морських видів несприятливим є зменшення глибини водойми, нестійкість температурного режиму. Населення солонуватих водойм, незалежно від видової бідності, нерідко характеризується високою кількістю, оскільки види, що тут

проживають, не мають конкурентів у їжі та місцезнаходженні. Морські водойми (30–40 %) характеризується стабільним і складним хімічним складом. Заселення морських басейнів, на відміну від водойм інших типів, характеризується багатством. Із 63 відомих класів тварин в океані нараховується 52 представники. Виключно морських – 31 клас. Населення пелагіалі. Межі розповсюдження різних представників планктону в океанічній пелагіалі виражені не різко в горизонтальному й вертикальному напрямках. Існують широкі перехідні області, у яких одні організми поступово змінюються іншими. Найбільш чітко виражені дві вертикальні зони, продукуюча – до глибини в середньому 200 м, де зосереджений фітопланктон, та споживаюча, що охоплює решту товщі води. У морському фітопланктоні за кількістю видів і масовістю розвитку переважають діатомові, менше значення мають коколітофори та синьо-зелені водорості. У зоопланктоні велика кількість веслоногих. Велике значення мають молюски, амфіподи, кишковопорожнинні. Поверхневі горизонти заселені переважно видами, які живляться фітопланктоном. Населення бенталі. Одна з найпродуктивніших зон дна океану – це літораль. До складу її заселення входять тисячі видів тварин і рослин. Серед рослин домінують багаторічні фукоїди та деякі червоні водорості. Виділяють від трьох до восьми поясів заселення безхребетними, основу заселення кожного з них становлять лише 1–3 види. Для нижньої зони субліторалі характерна майже повна відсутність рослин. У субліторалі, переважно у верхній її підзоні, зосереджені основні промислові запаси риби, безхребетних і рослин. У зоні бенталі відбувається зміна видового складу фауни й зменшення її кількості. У багатьох районах Світового океану верхня бенталь є продуктивною областю, де є багато видів риб. За кількістю видів у фауні бенталі чільне місце посідають голкошкірі, голотурії. Серед мешканців ультраабісали нині відомо приблизно 900 видів, це втричі менше, ніж в абісали. Серед них близько 60 % – ендеміки. На глибинах більше 9 км відомо лише 70 видів багатоклітинних тварин, а глибше 10 км – приблизно 16 видів, де ендеміки становлять 88 %. Пересолені водойми (більше 40 ‰). Залежно від походження котловини водойми поділяють на морські та материкові. Морські являють собою від'єднані частини моря. Прісна вода в них не надходить, є велике випаровування – тому солоність підвищується. Солоність водойм помітно коливається сезонно: у періоди, багаті на опади, вона понижується в 1,5–2,0 рази, у посушливі пори року – підвищується через випаровування. Розсоли – це розчини солей, близькі до насичених – ропа. Подекуди ропа має рожевий чи червоний колір, що свідчить про наявність бактерій солінарій та ін. Солоні озера мають велике господарське значення, в них добувають різноманітні мінеральні сполуки. Залежно від хімічного складу розсолів ці водойми поділяють на три групи: хлоридні, карбонатні та сульфатні. Водойми морського походження із солоністю на 70 ‰ заселені евригалінними морськими видами. У континентальних водах із солоністю до 100 ‰ мешкають небагато форм прісноводного походження. Це деякі гіллястовусі ракоподібні та комахи [3; 13]. При солоності, вищій 100 ‰, у водоймах, незалежно від їх походження, мешкає

один і той самий комплекс видів, що утворює групу галобіонтів, прісноводного походження. У пересолених водоймах, де солоність перевищує 270 ‰, трапляється артемія партеногенетик та рослинні організми.

2. Усі водяні тварини, залежно від характеру своїх реакцій на зміну зовнішньої солоності поділяють на дві групи – **пойкілоосмотичні** та **гомойоосмотичні**.

У перших внутрішнє середовище перебуває у відносній рівновазі із зовнішнім. До них належить більшість морських безхребетних, а також деякі хребетні. Для всіх цих організмів характерний невеликий ступінь гіпертонії відносно зовнішнього середовища. До другої групи відносять тварин, які підтримують тиск внутрішнього середовища на рівні, протилежному тиску із зовнішнього середовища. Регуляція тисків контролюється спеціальними клітинами, які розміщені в покриттях, зябрах та окремих частинах кишківника або в стінках видільних каналів. Серед цих тварин, залежно від співвідношення величини тиску внутрішнього й зовнішнього середовищ, розрізняють гіпертоніків і гіпотоніків. У гідробіонтів гіпертоніків концентрація внутрішнього середовища вища, ніж зовнішнього. До цієї групи належать усі прісноводні тварини та багато мешканців солонуватих басейнів. Діяльність їхніх життєвих організмів направлена на те, щоб перешкоджати обезводненню тканин. Тварини здатні направляти різні адаптації для утримання солі й поновлення її запасів у своєму тілі, що досягається зниженням проникнення через покриття іззовні. До гідробіонтів гіпотоніків відносять низку морських тварин (деякі безхребетні, кісткові риби, плазуни, ссавці, а також усі мешканці пересолених водойм). Фізичні сили внутрішнього середовища спрямовані на зневоднення організму, тому життєво важливі системи працюють як опріснювачі, а надлишки води й розчину солей виводяться органами виділення. Здатність до саморегуляції в гіпотоніків також обумовлена малою проникністю через покриття для води та солі. Більшість гоморегулятивних організмів і багато полірегулятивних – евригалінні. Деякі гоморегулятивні види здатні, залежно від зовнішньої солоності, переходити з одного виду саморегуляції в інший або ж зупиняють діяльність саморегулятивних механізмів. У полірегулятивних тварин немає добре розвинуеного апарату саморегуляції, а зовнішні покриття легкопроникаючі для води й солі, тому вони не здатні зберігати незалежність від зовнішнього середовища саморегулятивного тиску внутрішньої рідини. Але організм цих тварин здатний до нормального забезпечення життя в умовах значних змін в концентрації внутрішньої рідини. Окрім загальної саморегуляції, концентрації гідробіонтів відчувають дію співвідношення іонів зовнішнього середовища.

3. Міграція хімічних елементів, яка здійснюється в результаті життєдіяльності організмів, утворюючи біосферу, називається біогенною міграцією елементів.

Взаємодія в біосфері живих та мінеральних елементів прослідковується в біогенній міграції елементів під час харчування, дихання, розмноження, смерті, розкладання живих організмів, а також при складній взаємодії різнорівневих організмів. У біогенну міграцію втягнуто багато різноманітних мінеральних елементів, серед яких провідна роль належить вуглеводам, вуглекислому газу, кисню, фосфору, сірці. Нарівні із ними живі організми використовують калій, кальцій, залізо, мідь, марганець, кобальт. Протягом геологічного часу маса біосфери зростає. Жива речовина у формуванні хімічного складу всіх трьох зовнішніх оболонок Землі відіграє головну роль. Особливо важливе значення гідросфери, де міститься 9/10 усієї живої речовини. Як відомо, солі у водах океану містять понад 70 елементів. Гідробіонти мають виключну здатність поглинати й концентрувати у своїх тілах різні елементи, наявні у воді в малих кількостях. Деякі мікроелементи виявлені спочатку в організмах, а лише потім у воді. Організми мають вибірккову здатність при концентрації хімічних елементів: одні об'єднуються й накопичуються, а інші легко проціджуються, майже не затримуються в організмі. Кількість хімічних елементів у гідро біонтах інколи в сотні тисяч разів більша, ніж у навколишньому середовищі. Залежно від кількості наявних хімічних елементів в організмі, В. І. Вернадський розділив гідробіонти на дві групи: – перша – організми, які накопичують елементів більше 10 % маси всього тіла. Сюди належать діатомові водорості, радіолярії, червоні водорості, голкошкірі, молюски; – друга – організми, у яких концентрація окремих елементів у десятки разів менша, ніж у представників першої групи, але в сотні тисяч разів більша від середньої концентрації цих елементів – губки, корали. У результаті діяльності бактерій, фітопланктону, планктону й бентальних безхребетних із морської води виділяють залізо, марганець, кобальт, нікель, молібден – близько 35 елементів які залягають у покладах залізо-марганцевих руд на дні океанів. Вивчення біогенної міграції елементів має велике практичне значення. Води океанів являють собою невичерпне джерело хімічних ресурсів. Нині з морської води добувають низку елементів та сполук: хлорид і сульфат натрію, солі магнію, металевий магній, солі колю та бромю. Переробка малонасичених розчинів природних водойм складає серйозні технічні труднощі, тому добувають елементи, яких в океанічній воді мало у вигляді «живої руди». Наприклад, в 1 т сухих бурих водоростей міститься 170 кг калію, 9 кг фосфатів, 3 кг йодистого калію. 4. Адаптація гідробіонтів. Для нормального процесу дихання організмам необхідний постійний контакт із добре аерованим середовищем. Більшість гідробіонтів здійснюють рух (переміщення) у довкіллі: організми з в'їчастим покривом (інфузорії, губки) безперервно працюють цими придатками; молюски, що мають зябра, покриті епітелієм; у нижчих та вищих ракоподібних у постійному русі перебувають кінцівки, на яких є зябра. Деякі тварини, наприклад олігохети, створюють струм води рухами свого тіла та ін. Гідробіонти, як і мешканці суші, залежно від необхідності кисню, поділяються на аероби та анаероби. Обмін речовин аеробних організмів здійснюється в результаті окиснення наявних у складі їхнього тіла білків, жирів і вуглеводів. В

анаеробів у результаті процесу бродіння відбувається розщеплення вуглеводів, використання білків та жирів досить незначне. Енергетичний ефект процесу анаеробного розщеплення в десятки разів нижчий, ніж при окислювальних процесах. У гідробіонтів виробляється ланцюг адаптації, що забезпечує дихання. Воно в мешканців води відбувається за рахунок поверхні тіла або за допомогою спеціальних органів – зябер, трахей, легенів. Дифузне дихання поверхнею тіла – дуже повільний процес, що властивий для організмів із великою поверхнею тіла. При дефіциті кисню деякі тварини з дифузним диханням переходять на інший спосіб. Велике значення при дифузному диханні має товщина поверхні тіла, через яку відбувається газообмін: зазвичай покриви гідробіонтів дуже тонкі. Спеціальні органи дихання являють собою вирости тіла та утворюються за рахунок інших органів тіла: кінцівок – у ракоподібних, відділів кишечника – у личинок коників, черв'яків, голотурій. Багато гідробіонтів здатні поєднувати дихання розчиненим у воді та атмосферним киснем. Це явище спостерігається в рослин із плаваючим і зануреним листям. Плаваючі листки поглинають кисень атмосфери, занурені листки не мають продохів, але їхні покриви в 5–20 разів тонші, ніж у наземних рослин, які дають змогу проникати газам. У багатьох тварин комбіноване дихання є пристосуванням до умов життя в середовищі. Двоякодихальні риби дихають зябрами та легенями. Здатність дихати атмосферним повітрям дає змогу деяким гідробіонтам здійснювати перехід із водного середовища в повітряне для живлення й розселення. Гідробіонти мають низку пристосувань, які дають їм змогу витримувати тимчасовий дефіцит кисню, переживати анаеробні умови протягом великого часу. При повній відсутності кисню організм впадає в стан анабіозу. У цей період у гідробіонтів відбувається розщеплення глікогену з утворенням молочної кислоти. В анаеробних умовах засвоєння резервного глікогену в організмі проходить приблизно в 10 разів швидше, ніж в аеробних умовах. У багатьох гідробіонтів регуляція обміну забезпечується зміною розмірів тіла й ритму коливальних рухів. При наближенні вмісту кисню у водному середовищі до верхньої межі гідробіонти за допомогою різних пристосувань починають використовувати кисень із повітря. Риби хапають із поверхні води бульбашки повітря, яка залишається в ротовій порожнині для збагачення киснем води, що поступила через зябра. Стійкість різних гідробіонтів до дефіциту кисню різна. Здебільшого на концентрацію кисню впливає температура. Із її підвищенням прискорюються процеси обміну, відповідно – зростає потреба організму в кількості кисню. Заморами називаються явища масової загибелі жителів водойм у зв'язку з дефіцитом, або повною відсутністю кисню у воді, а також у результаті накопичення отруйних газів: вуглекислого газу, метану, сірководню. Збільшення концентрації цих газів пов'язане зі зменшенням кисню. Замори можуть виникати у будь-яких водоймах. В одних басейнах вони можуть повторюватись із року в рік, а в інших виникають рідко. При заморах великі збитки несе рибне господарство. Замори бувають літні й зимові, літні виникають із максимальним розвитком фітопланктону та в

солонуватих водоймах. Головна причина зимових заморів – поглинання кисню при мінералізації органічних речовин донних відкладів.

Замори, як правило, виникають у кінці зими. Найбільш витривалі до нестачі кисню водяні жуки. Замори, як літні, так і зимові, виникають у результаті сильного забруднення водойм промисловими та побутовими відходами та ін. Адаптація гідробіонтів до сприйняття світла. У складновлаштованих органах зору найважливішою частиною є зорова клітина, що сприймає світло. Форма очей різноманітна: плоскі (у деяких медуз); келихоподібні (у деяких медуз, хітонів); складні келихоподібні фасетні очі (у ракоподібних). У низки організмів, що мешкають в абісальних і підземних водоймах, відбувається деградація органів зору: очі стають непомітними, кришталік відсутній. У багатьох безхребетних і риб, які мешкають у сутінковій зоні, очі збільшуються, порівняно з організмами, що мешкають у добре освітлених горизонтах. Розміщуються органи зору на різних частинах тіла, наприклад : по краях дзвону в медуз; на кінцях променів у морських зірок. Кількість очей коливається від 1–2 до багатьох сотень. Забарвлення гідробіонтів, як адаптація до водного середовища. Залежно від забарвлення гідробіонтів поділяють на три основні групи: перша – форми, що мають покривне забарвлення, або гомохромію; друга – організми, здатні змінювати колір і малюнок відповідно до умов середовища водойм, активна гомохромія; третя – види, забарвлені в колір, який доповнює умови водного середовища. Забарвлення тіла міняється в результаті зміни форми пігменту у клітинах, а також його розподілу в них. Наприклад, у головоногих молюсків активна гомохромія досягається за допомогою дотику: нащупуючи своїми присосками субстрат, вони приймають його забарвлення. На великих глибинах багато тварин забарвлено в колір, додатковий до тієї частини спектра, яка проникає на цю глибину, унаслідок чого вони набувають захисного забарвлення здаються чорними. Відсутність освітлення надає низці тварин сірого забарвлення або його відсутності. Таке ж явище спостерігаємо в організмів, що закопуються, свердлять, та в мешканців підземних вод.

Контрольні питання

1. Назвіть основні чинники життя в гідросфері.
2. Дайте коротку оцінку впливу екологічних чинників водного середовища на гідробіонтів.
3. Установіть взаємозв'язок між гідробіонтами та розчиненими у воді солями.
4. Охарактеризуйте життя в різних за ступенем солоності водних об'єктах.
5. Охарактеризуйте біогенну міграцію елементів.
6. Охарактеризуйте адаптацію гідробіонтів до переміщення у водному середовищі.
7. Охарактеризуйте пристосування гідробіонтів до дихання атмосферним киснем.
8. Охарактеризуйте адаптацію гідробіонтів до життя у воді.

9. Охарактеризуйте пристосування гідробіонтів до дефіциту кисню.

Список рекомендованої літератури

1. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 1. Підручник. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.
2. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 2. Підручник Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 612 с.
3. Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с
4. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
5. Товстик В. Ф. Рибництво. Навчальний посібник. Харків. Еспада. 2004. 272 с.
6. Хвесик М.А., Рижова К.І. Рибне господарство України (екологоекономічний аспект). Київ. РВПС України НАН України. 2004. 53 с.
7. Шарило Ю.Є., Вдовенко Н.М., Федоренко М.О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Київ. 2016. 119 с.
8. Шерман І. М. Рибництво. Київ. 2002. 192 с.
9. Шерман І. М. Ставове рибництво. Київ. 2008. 336 с.
10. Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ. Вища освіта, 2005. 351 с.

Лекція №3. Біологічна продуктивність водних екосистем

План

1. Вплив гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних чинників на ефективність первинного продукування.
2. Вплив зарегульованості річкового стоку на біологічну продуктивність водойм.
3. Біологічна продукція й потік енергії у водних екосистемах.
4. Вторинна продукція та темп її продукування.

Хід заняття

1. Водну екосистему, що здатна утворювати певну кількість органічної речовини (біологічної продукції) у вигляді біомаси водяних рослин, безхребетних тварин, риб та інших гідробіонтів називають біологічною продуктивністю (біопродуктивністю). Сам процес новоутворення біомаси називають біологічним продукуванням, а новоутворену біомасу – біологічною продукцією. *Вчення про біологічну продуктивність водних екосистем упродовж декількох десятиліть розвивалося науковою школою Г. Г. Винберга, що поклали початок цієї теорії ще в 30-х рр. ХХ століття.*

Розрізняють біопродуктивність первинну і вторинну, створену відповідно автотрофними та гетеротрофними організмами. При цьому продуценти значну частину синтезованої продукції (40–70 % сумарної) споживають для забезпечення власних процесів життєдіяльності, а та, що залишилась, становить чисту первинну продукцію – приріст рослин за одиницю часу. Це той резерв, який можуть споживати консументи і редуценти. Отже, гетеротрофні організми існують завдяки чистій первинній продукції біогеоценозу. Синтезована органічна речовина продуцентами є основою трофічної піраміди, за якою розподіляються потоки енергії у водних екосистемах. Саме органічна речовина автотрофних організмів забезпечує функціонування вищих (наступних) трофічних рівнів – біотичний кругообіг речовин і потік енергії в екосистемах. У підсумку формується біологічна продуктивність водних екосистем. Залежно від рівня утворення первинної продукції, їх поділяють на оліготрофні (малопродуктивні), мезотрофні (середньопродуктивні), евтрофні (високопродуктивні) і гіперевтрофні (надмірно продуктивні). Схематично основні положення теорії біологічної продуктивності водойм охоплюють два взаємозалежних процеси, а саме: первинний синтез органічної речовини організмами-продуцентами й наступне його перетворення в ряді послідовних трофічних ланок, у яких первинна продукція використовується організмами-консументами (споживачами). Консументи, що харчуються безпосередньо продуцентами, утворюють другий трофічний рівень. Третій і наступні трофічні рівні – це хижаки, що поїдають організми другого й наступних трофічних рівнів.

Організми кожного наступного трофічного рівня використовують енергію, укладену в біомасі організмів попереднього рівня. Процес передачі енергії через трофічні ланки називається потоком енергії.

Сукупність трофічних ланок (наприклад: фітопланктон → зоопланктон → планктофаги («мирні» риби) → хижі риби; або: макрофіти → фітофаги (рослиноїдні риби) → хижаки; або: фітобентос і бактерії → зообентос → рибобентофаги → хижі риби утворюють трофічну піраміду.

У будь-якій її ланці певна частина спожитої їжі не засвоюється, а із засвоєної частини тільки менша використовується на приріст, або продукцію, а більша – на власний енергетичний обмін споживачів. Встановлено, що продукція кожного наступного трофічного рівня приблизно в 10 разів менше попереднього. Фактично новоутворення органічної речовини відбувається лише на першому трофічному рівні, а його наступне використання включає ряд етапів (деструкцію, трансформацію), перш ніж гетеротрофні організми утворюють вторинну продукцію, тобто органічну речовину тваринних організмів. У зв'язку з тим, що при утворенні вторинної продукції значна частина енергії розсіюється у вигляді тепла й виходить із екосистеми, можлива тільки обмежена кількість переходів енергії з одного трофічного рівня на інший. Практично їх буває не більше п'яти, наприклад: мікроорганізми й водорості → зоопланктон (фільтратори) → зоопланктофаги («мирні» риби) → хижі риби → водні або водоплавні птахи. Чим довше трофічний ланцюг, тим менше продукція її кінцевої ланки. Порівняльну оцінку біологічної продуктивності різних водних екосистем можна отримати за величиною первинної продукції. Первинна продукція поділяється на валову, ефективну й чисту продукцію фотосинтезуючих організмів. Первинна продукція визначає біопродуктивний потенціал водної екосистеми. Брутто-продукція відбиває величину накопичення енергії в екосистемі у вигляді енергії хімічних зв'язків органічної речовини, синтезованої з вуглекислоти, біогенних елементів і води в процесі фотосинтезу й утвореної автотрофними бактеріями в процесі хемосинтезу. До валової продукції зараховується й енергія, витрачена на підтримку основного й активного обміну гідробіонтів (дихання та інші витрати енергії). Таким чином, валова продукція – це вся маса органічної речовини, утвореної фотосинтезуючими й хемосинтезуючими організмами, що дорівнює сумі приросту їхньої біомаси і витрат на всі енергетичні потреби й утворення прижиттєвих екзометаболітів. Ефективна первинна продукція, або продукція фотосинтезуючих організмів – це органічна речовина, утворена ними протягом певного проміжку часу, з відрахуванням їх власних енергетичних витрат (дихання). Вважається, що звичайно в середньому вона становить 80 % валової продукції. Чиста первинна продукція – це абсолютний приріст новоствореного за рахунок фотосинтезу органічної речовини. Вона розраховується по валовій первинній продукції, від якої віднімаються витрати на дихання автотрофних організмів, консументів і редуцентів (бактерій), тобто маса органічної речовини, що піддана деструкції. Наприклад, чиста первинна продукція планктону Р – це різниця між первинною валовою продукцією фітопланктону А і величиною

сумарних витрат на дихання водоростей R_v , зоопланктону R_z і бактерій R_b : $P = A - (R_v + R_z + R_b)$. (2.5) Проміжна біологічна продуктивність водних екосистем формується консументами – споживачами первинної продукції. Кінцева біологічна продукція водних екосистем складається з: а) утвореної автотрофними організмами первинної продукції; б) її трансформацій на рівні консументів; в) втрат енергії на кожному трофічному рівні; г) надходження й виносу речовини й енергії із водними масами. Всі ці процеси разом узяті створюють потік енергії, і вони повинні враховуватися при визначенні біологічної продуктивності водних екосистем. Найповноціннішу інформацію про функціонування водних екосистем дає енергетичний еквівалент біомаси. Кожний трофічний рівень характеризується не біомасою, а відповідним енергетичним показником – у кілокалоріях або кілоджоулях ($1 \text{ кДж} = 4,1868 \text{ ккал}$). Різні організми мають неоднакову калорійність. Наприклад, в 100 г устриць із раковиною міститься менше енергії, ніж у 100 г м'яса тунця. При перерахунку загальної біомаси гідробіонтів на її калорійність можна одержати інформацію про енергетичний баланс екосистеми загалом на конкретний момент. Але це статична, а не динамічна інформація. Вона не враховує продукційних можливостей окремих популяцій, що входять до складу екосистеми, і динаміку популяцій загалом. Тому більш повну й об'єктивну інформацію про функціональний стан водної екосистеми дає не маса організмів і навіть не її енергетичний еквівалент, а хімічна енергія, що сконцентрована в створюваній органічній масі та передається за одиницю часу з одного трофічного рівня на інший. Отже, кількість органічної речовини, що утворюється за одиницю часу, називається швидкістю продукування. Мірою інтенсивності продукування є питома продукція – кількість синтезованого популяцією органічної речовини за одиницю часу розраховуючи на одиницю біомаси популяції. Під час розрахунків енергобалансу тваринних організмів водних екосистем користуються такими поняттями, як калорійний коефіцієнт поживних речовин і калорійний коефіцієнт O_2 або CO_2 . Калорійний коефіцієнт поживних речовин характеризує кількість теплоти, що виділяється при їхньому окисненні, а калорійний коефіцієнт O_2 або CO_2 – кількість теплоти, утвореної в організмі при використанні 1 дм³ O_2 або при виділенні 1 дм³ CO_2 у процесі окиснення органічної речовини.

З вищезазначеного випливає, що первинна продукція органічної речовини виражається в різних одиницях: у грамах кисню або вуглецю на одиницю площі (1 м², 1 га) або на одиницю об'єму води (1 м³); у джоулях чи кілоджоулях за одиницю часу (добу, сезон, рік). При переході від одних одиниць до інших приймається до уваги, що енергетичний еквівалент кисню при окисненні органічних речовин мішаного складу дорівнює 14,2 Дж / мг O_2 , а також те, що в органічній речовині міститься 41 % вуглецю від її маси: 2,44 мг органічної речовини відповідає 1 мг вуглецю. Отже, продукція й деструкція органічної речовини характеризують функціональний стан водних екосистем. Рівень і спрямованість продукційно-деструкційних процесів залежать передусім від ступеня розвитку фітопланктону та умов вегетації. У морських і

континентальних водоймах утворення первинної органічної речовини пов'язане із життєдіяльністю планктонних і донних водоростей, макрофітів й епіфітів, які формують автотрофну ланку водних екосистем.

2. Новоутворення органічної речовини з мінеральних – це основа усіх продукційних процесів, що відбуваються у водоймах. Тому вірне уявлення про величину первинної продукції і чинників, що її обумовлюють, важливі як одна з основних передумов раціонального пошуку шляхів підвищення біопродуктивності водойм. Вивчення процесів утворення первинної продукції має і самостійне значення: водні рослини є промисловими об'єктами; під час бурхливого розвитку водні рослини сильно ускладнюють експлуатацію водойм і виникає необхідність у розробці спеціальних заходів для боротьби з ними; утворення кисню в процесі первинного продукування має величезне значення для аерації водойм, формування якості питних вод і посилення самоочисної здатності водойм. Первинна продукція водойм у поверхневих освітлених шарах залежить від видового складу рослин, їх кількості й розподілу в товщі води, оптичних властивостей, концентрації біогенів, температури тощо. Із просуванням у глибину умови освітленості погіршуються в різних водоймах неоднаково, відповідно до їхньої прозорості. Рослини, що містяться нижче визначених горизонтів, випробовують той або інший ступінь світлового голодування. Це відсоткове відношення величини фотосинтезу в умовах цього освітлення до тієї, яка спостерігається при оптимальній освітленості. Значна частина водоростей може виноситися навіть за межі евфотичної зони, існуючи за рахунок поживних речовин, доки знову не буде піднятою в більш освітлені шари, або відмирати. У Світовому океані понад 75 % первинної продукції створюється в поверхневому шарі завтовшки 40–50 м, де освітленість досягає не менше 400 лк; глибше 100–200 м через світлове голодування водоростей первинна продукція фотосинтетиків практично дорівнює нулю. На величину первинної продукції несприятливо впливають сильне перемішування води й інші чинники, що обумовлюють розсосередження водоростей у значній товщі води. Отже, умови продукування продукції можуть погіршуватись унаслідок слабовираженого стрибка щільності води, що перешкоджає зануренню водоростей у шари з недостатньою освітленістю. Зі збільшенням кількості водоростей величина первинної продукції зазвичай зростає не лінійно, а по згасаючій кривій, наближаючись до деякої межі. Це, передусім, пов'язано із самозатемненням водоростей при їх високій щільності. Спостерігаються навіть випадки, коли із підвищенням біомаси водоростей їхня сумарна продукція не тільки не підвищується, але навіть спадає внаслідок різкого зниження прозорості води й стоншення трофогенного шару. Прикладом можуть слугувати ставки, що удобрюються біогенними речовинами. Велике значення на ефективність первинного продукування має забезпеченість водоростей біогенами. Зменшення їх концентрації від оптимальної веде до зниження швидкості продукування. Тому

первинна продукція зростає, коли у водойми поступає велика кількість біогенів (P, N та ін.) або вони виносяться течіями в приповерхневі горизонти із більш глибоких. Із дефіцитом азоту й фосфору, зокрема, пов'язана оліготрофність деяких районів Світового океану. Навіть, у районах найбільш інтенсивного апвелінга – узбережжя Перу – фотосинтез лімітований азотом. Первинна продукція ставків й інших водойм зазвичай різко зростає після внесення солей фосфору та азоту. Оскільки з просуванням у глибину освітленість знижується, а концентрація біогенів зростає, вертикальний розподіл інтенсивності первинного продукування може носити бімодальний характер. Один максимум створюється поблизу поверхні за рахунок оптимального освітлення, другий – на деякій глибині, де є багато біогенів і необхідний мінімум освітлення. Ефективність використання сонячної енергії в процесі первинного продукування істотно зростає з підвищенням температури. Із вищезазначеного випливає, що швидкість протікання темних реакцій фотосинтезу залежно від температури показано рівнянням Вант-Гоффа. У зв'язку з цим величина первинної продукції континентальних водойм зростає із просуванням до екватора Співвідношення між величиною продукції й сумарної радіації в різних водоймах коливається в дуже широких межах. У процесі первинного продукування в оліготрофних районах Світового океану утилізується близько 0,02 % сонячної енергії, у мезотрофних – 0,1 %, в евтрофних – 0,4 %, в естуаріях – до 1–1,5 %. Пересічно для всієї акваторії Світового океану коефіцієнт утилізації сонячної радіації складає 0,04 %. Значно вищий він у континентальних водоймах, де зазвичай становить 0,1–0,2 %, а в підживлених ставках зростає до 0,7–1 %. Для порівняння відзначимо, що коефіцієнт використання фотосинтетичної активної сонячної радіації (ФАР) природним рослинним покривом суші пересічно складає 0,86 %. Величина первинної продукції в різних водоймах. Величина первинного продукування в різних ділянках Світового океану коливається від декількох міліграм до десятих долей грама вуглецю в день на 1 м², що визначається ступенем перемішування води (винесення в поверхневий шар біогенів). Останній, зі свого боку, залежить від вертикальних градієнтів щільності води. Тому в більшості випадків величина первинної продукції перебуває у зворотній залежності від різниці щільності води по вертикалі, хоча іноді, як зазначалося вище, високе перемішування води може гальмувати розвиток водоростей (винесення за межі фотичного шару). За модельними розрахунками, найбільша продукція утворюється в тропічних апвелінгах Тихого океану при швидкості підйому води близько $1,2 \cdot 10^{-3}$ см/с і дуже слабкому турбулентному перемішуванні. За відсутності підйому глибинних вод і великої турбулентності в поверхневому шарі (200 м) первинна продукція різко зменшується внаслідок дефіциту біогенів або значної частини водоростей із зони інтенсивного фотосинтезу. Також величина продукції залежить від ступеня виїдання водоростей. Так, у тропічних апвелінгах Тихого океану вона максимальна, якщо добове її виїдання сягає 10–15 % від максимального, а мінімальна – вище 50–60 %. Умови й величина первинного продукування в різних районах Світового

океану вкрай неоднакові. Наприклад, І. Райтер виділяє за продуктивністю три зони Світового океану: відкриті райони, прибережні води й апвеллінги. Чиста продукція цих вод пересічно становить, відповідно, 50, 100 і 300 г С / м² за рік. Ю. Одум теж виділяє такі ж зони, однак додає райони естуаріїв та рифів.

Кобленц-Мішке й ін. (1968) називають шість зон: оліготрофні води центральної частини субтропічних областей (70 мг С / м² за добу, усього 3,8 млрд т у рік), перехідні зони між субтропічними та субполярними зонами, а також периферії екваторіальних дивергенцій (140 мг С / м², усього 4,2 млрд т у рік), води екваторіальних дивергенцій та океанічних районів субполярних зон (200 мг С / м², усього 6,3 млрд т у рік), прибережні води (340 мг С / м², усього 4,8 млрд т у рік) і неритичні води (1 мг С / м², усього 3,9 млрд т у рік) [10]. Темп продукування органічної речовини значно вищий у континентальних водоймах (річках, озерах), ніж у Світовому океані. В евтрофних озерах світу середньодобова чиста продукція складає 600–800 мг С / м², у мезотрофних – коливається від 250 до 1000 мг С / м², в оліготрофних – від 50 до 300 мг С / м², в ультраоліготрофних – менше 50 мг С / м². Високий рівень первинного продукування в континентальних водоймах пояснюється великим надходженням біогенів із суші й перемішуванням води. Завдяки циркуляції, яка часто охоплює в ті або інші терміни всю водну масу озер, відбувається значна мобілізація біогенів із донних відкладень. Тому процеси взаємодії між водною товщею й донними відкладеннями, що протікають в озерах, набагато інтенсивніші, ніж у Світовому океані. Це є додатковим чинником, що сприяє існуванню фітопланктону та збільшенню його продукції. У дуже глибоких озерах первинна продукція зменшується, якщо поверхневий стік невеликий, порівняно зі всією водною масою озера. У річках і водосховищах унаслідок низької прозорості води первинна продукція зазвичай нижча, ніж в евтрофних і мезотрофних озерах. Наприклад, для Рибінського водосховища вона становить 50 г С / м², Волгоградського – 100 г С / м², Київського – 167 г С / м².

3. Первинна продукція не завжди є кінцевою ланкою продукційного ланцюга живлення. Більша її частина перетворюється у вторинну продукцію, представлену організмами різного трофічного рівня. Для одних випадків тварини можуть харчуватися тільки рослинами, утворюючи продукцію другого трофічного рівня, відокремленого від першого одним ступенем трансформації речовин й енергії. В інших випадках фітофаги поїдаються м'ясоїдними тваринами, утворюючи продукцію третього трофічного рівня. Якщо хижаки поїдають м'ясоїдних тварин, з'являється третій ступінь у каскаді трансформації речовин й енергії з утворенням організмів четвертого трофічного рівня. Оскільки більшість тварин харчуються організмами різних трофічних рівнів (рослинами, фітофагами й зоофагами одночасно), то розмежування останніх стосовно різних компонентів вторинної продукції не завжди можливе. Темп та ефективність вторинного продукування. Сумарна величина утворення органічної речовини в

популяціях тварин прямо пропорційна їх кількості й темпу продукування. Оскільки біомаса зоопланктону та зообентосу в різних ділянках гідросфери сильно варіює, то можливість вторинного продукування сильно коливається. На величину вторинного продукування не менший вплив чинять відмінності у швидкості росту тварин, що залежать як від особливостей самих організмів, представлених у різних ділянках гідросфери різними формами, так і від умов існування середовища, що постійно змінюється. Найбільш важливі з останніх – температура, газовий і сольовий режим води, ступінь її щільності, забезпечення тварин кормом, а також характер харчових стосунків, що складаються у водоймі. Вторинна продукція, яка трансформована з первинної, не може бути вищою за коефіцієнт корисної дії (ККД), у ролі якого можна розглядати величину K_1 або K_2 . Насправді продукція первинних консументів зазвичай далеко не сягає цієї межі, оскільки здатність системи до створення й споживання органічної речовини не дуже велика, особливо в малозбалансованих співтовариствах. Приріст кількості споживачів лише з деяким запізненням слідує за збільшенням біомаси продуцентів, і якась частина останніх, інколи значно не використовується консументами. Тому співвідношення між величиною продукції на двох суміжних трофічних рівнях завжди є меншим, ніж величина K_1 . Зазвичай сумарна продукція наступного трофічного рівня не перевищує 0,1–0,2 тієї, яка акумульована в організмах попередньої ланки харчового ланцюга. Наприклад, у Світовому океані, де первинна продукція сягає 550 млрд т, продукція зоопланктону становить 53 млрд т, тобто складає близько 10 % від накопичень у рослинах. Продукція хижого зоопланктону становить пересічно близько 20 % продукції мирного співтовариства. Раціон мирних і хижих форм складає 40 % продукції їхніх харчових організмів.

5. Будівництво водосховищ на річці впливає на біологічну продуктивність водойми. Останню визначають такі чинники як кількість сонячної енергії у фотосинтетичному активному діапазоні випромінювання і величина об'єму фотичного шару, завдяки яким утворюється біомаса. Утворення основної маси первинної біологічної продукції відбувається в достатньо освітленому верхньому шарі води, куди проникає сонячна енергія у фотосинтетичному активному діапазоні. Цей шар називається фотичним. Розміри його визначаються площею водної поверхні та потужністю (товщиною), що залежить від прозорості води. Отже, великий вплив на біологічну продуктивність водосховищ має площа водної поверхні. У роботі А. В. Яцика й В. М. Шмакова розглянуто гідрологічні чинники об'єму фотичного шару Дніпровських водосховищ – глибини, швидкості течії, прозорості води тощо, як для річкових ділянок до створення водосховищ, так і створених на їхніх місцях водосховищ. Так, при створенні водосховищ в 4,9 разу збільшилася площа водної поверхні водосховищ, і в 20 разів зменшилася швидкість течії води в них. У результаті освітлилася вода від

наносів, що осіли на дно, це сприяло збільшенню в 2,11 разів середньої глибини фотичного шару. У зв'язку з такими змінами гідрологічних характеристик водосховищ об'єм фотичного шару, що є одним із головних чинників біопродуктивності 6-ти водосховищ Дніпровського каскаду збільшився після створення водосховищ в 24–37 разів (пересічно в 29,3 рази). На думку вищезазначених авторів існує інша суперечлива точка зору про вплив розмірів водосховищ на їх біологічну продуктивність. Під час будівництва водосховищ на місці річкових русел збільшується площа, а отже і об'єм фотичного шару. Також зростають поперечні розміри водойми, тобто збільшується довжина розгону хвиль на водосховищах. Відповідно активізується процес замулювання донних наносів і зменшується прозорість води. Це призводить до зменшення надходження кількості енергії до водойми та утворення їх біопродуктивності. Розміри фотичного шару також визначаються морфометрією дна водосховища.

Контрольні питання

1. Дати визначення біологічної продуктивності, продукування та біологічної продукції водних екосистем.
2. Що таке первинна й вторинна біологічна продукція?
3. В яких одиницях вона виражається?
4. Що таке первинна валова, ефективна й чиста продукція автотрофів?
5. Розкрити суть потоку трансформації речовин та енергії у водних екосистемах?
6. Які чинники впливають на ефективність первинного продукування?
7. Які зони біопродуктивності виділяються у Світовому океані різними авторами?

Список рекомендованої літератури

1. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 1. Підручник. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.
2. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 2. Підручник Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 612 с.
3. Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с
4. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
5. Товстик В. Ф. Рибництво. Навчальний посібник. Харків. Еспада. 2004. 272 с.
6. Хвесик М.А., Рижова К.І. Рибне господарство України (екологоекономічний аспект). Київ. РВПС України НАН України. 2004. 53 с.
7. Шарило Ю.Є., Вдовенко Н.М., Федоренко М.О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Київ. 2016. 119 с.
8. Шерман І. М. Рибництво. Київ. 2002. 192 с.
9. Шерман І. М. Ставові рибництво. Київ. 2008. 336 с.

Лекція №4. Охорона та відтворення гідробіонтів

План

1. Біологічні ресурси гідросфери та їх освоєння.
2. Заходи щодо охорони природного відтворення промислових гідробіонтів.
3. Акліматизація гідробіонтів.
4. Аквакультура.

Хід заняття

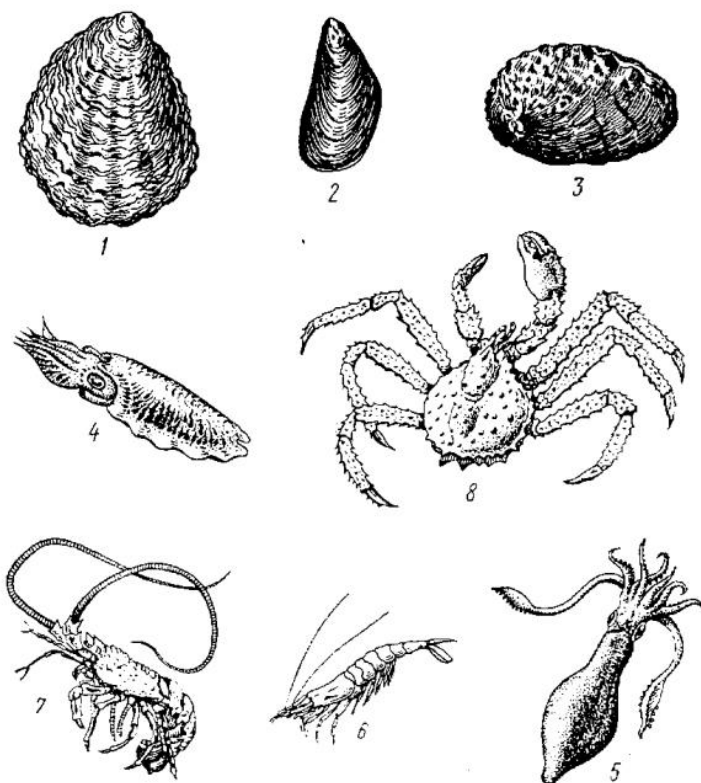
1. Організми, що є об'єктами промислу, утворюють біологічні ресурси гідросфери. Серед найбільшого числа гідробіонтів лише незначна кількість представників фауни й флори використовуються людиною як біологічна сировина. Це пояснюється тим, що водяні рослини та тварини складають усього близько 3 % у їжі людей (за сирою масою). Хоча первинна продукція гідросфери тільки в три рази менша, ніж суші. Виходячи із перспектив майбутнього, оцінка біологічних ресурсів гідросфери повинна враховувати не лише облік можливого промислу об'єктів, що добуваються нині, а й залучення нових представників гідробіонтів як промислових об'єктів. У зв'язку зі збільшенням народонаселення посилюється процес удосконалення технічних можливостей освоєння біологічної сировини гідросфери (нові способи її добування, зберігання й переробки). Наприклад, на сьогодні успішно розробляється питання промислового освоєння криля, продукція якого у Світовому океані, можливо, не нижча, ніж усіх риб загалом.

На відміну від корисних копалин, біологічні ресурси належать до тих, що самі відтворюються. Отже, їх величина в гідросфері визначається не кількістю наявних промислових організмів, а їх приростом, тобто продукцією. Об'єм промислу водяних організмів визначається величиною їх природного відтворення. Тому він не повинен перевищувати природний приріст популяції та враховувати особливості процесу їх відтворення (терміни, місця, знаряддя вилову тощо). Охорона й підвищення ефективності природного відтворення є важливим засобом зміцнення сировинної бази промислу, так само, як і збагачення водойм новими промисловими об'єктами за рахунок акліматизації. Завдяки цим двом напрямам відбувається перехід від використання біоресурсів до виробництва біосировини, коли об'єкти, що відловлюються в природних водоймах, тією чи іншою мірою стають продуктами праці. Збільшення об'єму сировинної бази морського й озерного промислу відбувається також у результаті проведення акліматизаційних робіт. Використання біоресурсів поступово доповнюється виробництвом біологічної сировини, тому важко визначити, з якою із двох форм людської діяльності ми маємо справу, якщо вони супроводжують одна одну. Отже, промисел історично переходить в аквакультуру, одночасно співіснуючи з ним. Світовий промисел гідробіонтів. Світовий промисел гідро біонтів був найінтенсивніший у 1980 р. - вилов водяних

організмів досягнув більше 75,4 млн. т, серед яких на риби припадало приблизно 65 млн. т. (89 %) від усього вилову, 8 млн. т. (11 %) – від нерибних об'єктів. Серед останніх найбільше значення за масою мали моллюски (3,4 млн. т), кити (4,5 млн. т), ракоподібні (1,8 млн. т) і гідрофіти (1 млн. т). У 2000 р. світова здобич гідробіонтів сягнула 130–140 млн. т. Вилов риби у Світовому океані підвищився приблизно на 30 млн. т за рахунок повнішого використання ресурсів океанічної епіпелагіалі, бентопелагіалі, меж піднятого океанічного ложа (до глибини 2–3 км). Значно зріс вилов безхребетних і водоростей (до 20–30 млн. т), 45 млн. т отримано за рахунок морських ферм та криля. Промисел риби. На його частку пересічно припадає приблизно 90 % від усього вилову гідробіонтів, причому 90 % риби виловлюється в морях і близько 10 % – у прісних водоймах. Розподіл промислу у Світовому океані вкрай неоднаковий, що, з одного боку, визначається станом сировинної бази, а з іншого – ступенем промислового засвоєння акваторій. Найбільша кількість риби виловлюється в пелагічно-нерестових районах, а найменша – у придонних шельфових районах, придонних районах материкового схилу й у відкритих районах пелагіалі. У першому районі вагоме значення в промислі мають анчоусові – 3,6 млн. т, оселедцеві (без сардини) – 2,5 млн. т, сардини – 2,8 млн. т, скумбрієві й ставридові – 5,3 млн. т, мінтай – 4,6 млн. т, мойва – 2 млн. т. Серед донних риби на шельфі переважно ловлять тріску – 2,7 млн. т, мерлузу – 2,5 млн. т, камбалу – 1,3 млн. т. У придонних районах схилу та піднятого океанського дна найбільше промислове значення мають морські окуні – 0,6 млн. т, у районах відкритої пелагіалі – тунці – 1,9 млн. т і макреле щуки – 0,5 млн. т. Для розвитку промислу у Світовому океані має значення його зміщення з Північної півкулі в Південну, із прибережних районів у відкриті, із поверхневих вод у глибинні. Серед частки виловлених риби на першому місці перебувають планктофаги (53 %), друге місце посідають хижаки (22 %) і третє – бентофаги (5,5 %). Із морських риби найбільше виловлюються оселедцеві, тріскові, скумбрієві, тунцеві, ставридові й камбалові. Із прохідних у промислі переважають лососеві. Вагому роль у промислі відіграють тріскові (тріска, мінтай, хек, пікша), оселедцеві (оселедець, кілька, сардина, салака), скумбрієві (скумбрія), ставридові (ставрида), камбалові (камбала, палтус), окуневі, лососеві. Середня рибопроодуктивність Світового океану приблизно становить 1,7 кг/га за рік. В областях підйому глибинних вод, що займають не більше 0,1 % площі Світового океану, добувають близько половини всього вилову. Низька рибопроодуктивність основної акваторії океану пояснюється нестачею біогенів у трофогенному шарі. У тропіках і субтропіках їй перешкоджає стабільне термічне розшарування води. У бореальній зоні рибопроодуктивність вища завдяки конвективному перемішуванню води. Головною причиною підйому глибинних вод у жаркій зоні є пасати, що спричиняють зниження рівня води поблизу західного узбережжя континентів. Високою рибопроодуктивністю відрізняються континентальні шельфи, які займають 9,9 % акваторії Світового океану, на яких виловлюється близько половини всієї риби або в перерахунку на 1 га 8,5 кг.

Промисел нерибних об'єктів. До цього часу вилов водних безхребетних і рослин залишається невеликим і лише незначною мірою відображає потенційні можливості промислу. Це пояснюється звичаями деяких країн, коли цінні гідробіоти в харчовому відношенні не використовуються населенням, хоча інші народи їх охоче споживають. Однак тільки водні ссавці, зокрема кити, виловлювалися в такій кількості, що допускалося сировинною базою. Серед них найбільше значення в промислі мали кашалоти й фінвали. Їх виловлено в 1976 р. більше 30 тис. голів. Понад 70 % виловлювалося у водах Антарктики, близько 20 % – в інших районах Південної півкулі та лише близько 5 % – у водах Північної півкулі. Окрім китоподібних, виловлюються різні види ластоногих: вухаті тюлені (морський котик), безвухі тюлені, моржі. У Північних морях найбільше промислове значення серед тюленів мають гренландські й каспійські. Світовий вилов безхребетних (мал. 1) досяг 5,5 млн т, зокрема моллюсків – 3,5 млн. т й ракоподібних – 2 млн. т. Серед моллюсків найбільше значення мали головоногі (1050 тис. т), устриці (762 тис. т), морське вушко (625 тис. т), мідії (400 тис. т) і гребінці (230 тис. т). Окрім їстівних моллюсків, значне місце в промислі займали деякі двостулкові, із яких видобували перли й виготовляли перламутр. Світовий вилов моллюсків може значно зрости, зокрема за рахунок вилову кальмарів – до 10 млн. т і більше. Серед ракоподібних переважно виловлюють креветки (1241 тис. т), краби (400 тис. т), омари й лангусти (140–180 тис. т). Усе більше розвивається промисел антарктичного криля (щорічно добувають близько 400 тис. т), біомаса якого в Південному океані оцінюється в 0,1–5 млрд т, а можливий річний вилов – у 100 млн. т і більше. Із крабів найбільше значення має камчатський. Світовий промисел голкошкірих складає понад 40 тис. т. Найбільше значення серед них мають їстівні їжаки. Із рослин у великій кількості добуваються водорості, як харчові об'єкти й технічна сировина, світовий промисел яких у 2005 р. досягав 1316 тис. т, зокрема бурих – 658, червоних – 526,4 і зелених – 131,6. Для харчових цілей використовуються червоні водорості *Laurencia pinnatifida*, *Porphyra lacininiata* і *Rhodymenia palmata*, з бурих – *Laminaria*, *Alaria esculenta* і *Chondrus crispus*, із зелених – *Uivalactuca*.

Також вони використовуються в їжу у свіжому, сушеному та вареному вигляді. Із червоних водоростей здобувають агар, із бурих – поташ, йод й інші хімічні речовини, а також різні вітаміни. Людина погано перетравлює вуглеводи водоростей, але в деяких народів, котрі харчуються цією їжею регулярно й із дитинства, як це, наприклад, характерно для Японії, у кишківнику створюється специфічна бактеріальна флора, здатна їх засвоювати. Найбільше промислове значення рослин мають ламінарії, філофлора й анфельція. Із вищих рослин для приготування паперу, тканин, оббивних матеріалів і добрив використовуються морська трава, морський льон, очерет й інші макрофіти. Світовий збір водяних рослин можна підвищити до 18 млн т, зокрема бурих водоростей – до 15 млн т і червоних – до 2,6 млн т.



Мал. 1. Найважливіші промислові безхребетні: 1 – устриця; 2 – мідія; 3 – галіотис; 4 – сепія; 5 – кальмар; 6 – креветка; 7 – лангус; 8 – краб.

2. На сьогодні рівень використання біоресурсів гідросфери відносно інших традиційних об'єктів промислу досягнув величини, близької до граничної. У багатьох випадках спостерігається перевилов гідробіонтів, унаслідок чого відтворення популяцій уже не в змозі компенсувати спад промислу.

Так, у 1770 р. убито останнього екземпляра чудового рослиноїдного ссавця – стеллерову (морську) корову. Майже зник гренландський кит, узятий під охорону надто пізно, під загрозою зникнення перебуває синій кит. Серед більшості риб перевилову зазнали камбала, оселедець. У надзвичайно напруженому стані перебувають деякі ареали поширення крабів. Тому надзвичайно актуальні питання щодо охорони й підвищення ефективності природного відтворення біоресурсів. Захист від забруднення біологічних ресурсів водойм є одним із найважливіших заходів охорони природного відтворення, адже забруднення водойм може спричинити отруєння промислових гідробіонтів, унаслідок загибелі яких знизиться їх чисельність. Окрім цього, забруднення погіршує газовий режим водойм, зокрема призводить до зниження концентрації кисню, що також погіршує умови існування гідробіонтів. Особливо великої шкоди відтворенню гідробіонтів завдає забруднення водойм нафтою та її продуктами, пестицидами, солями важких металів, радіонуклідами, детергентами. Серйозним недоліком у відтворенні промислових гідробіонтів

водоїм суші є гідротехнічне будівництво, зокрема спорудження гребель, що перерізають природні міграційні шляхи прохідних риб. Велика кількість мальків риб гине, потрапляючи в зрошувальні системи або турбіни електростанцій. Отже, будь-яке гідробудівництво повинно проводитись з урахуванням інтересів промислу гідробіонтів. Зокрема, споруда греблі має супроводжуватися створенням рибопідйомників, рибоходів або інших пристроїв, що дають можливість прохідним риbam потрапляти з нижніх б'єфів греблі у верхні. Досить часто вживаються заходи щодо збереження природних нерестовищ, що зникають у результаті підняття рівня води, або шукають шляхи їх біологічної заміни. Для попередження потрапляння мальків в канали зрошувальних систем і турбін електростанцій створюють рибозахисні споруди, зокрема електричні.

Зменшення природного відтворення промислових гідробіонтів пов'язано з:

- скороченням природних нерестових та нерестових субстратів;
- порушенням міграційних шляхів;
- зарегулюванням стоку річок та змінами рівневого режиму;
- будівництвом гребель в гирловій частині річок;
- скороченням чисельності нерестової частини стад; – погіршенням умов переднерестового нагулу та ін.

У зв'язку з цим потрібне науково обґрунтоване регулювання промислу, що має зводитися не тільки до визначення допустимого об'єму вилову, але встановлення термінів і місць промислу, регламентації способів, знарядь лову й промислової міри з таким розрахунком, щоб збиток природному відтворенню не виходив за рамки властивостей саморегульованих видів. Проблема охорони й підвищення ефективності природного відтворення біоресурсів ускладнюється тим, що її доводиться розв'язувати в умовах комплексного використання водоїм, ураховуючи інтереси різних галузей народного господарства, пов'язаних із використанням водоїм. Інтереси енергетики, зрошувального землеробства, навігації, питного водопостачання, рибного господарства, рекреації тощо потрібно, за можливості, гармонійно поєднувати один з одним, знаходячи оптимальне вирішення масштабів різних дій. Завдання збереження біоресурсів стає одним з елементів проблеми комплексного використання водоїм як природних тіл на користь усього народного господарства.

3. *Акліматизація об'єктів аквакультури* – це діяльність із вселення (інтродукція) гідробіонтів у водні об'єкти (їх частини), розташовані за межами їх природного ареалу, з метою збагачення та оптимізації видового складу водних біоресурсів за повної адаптації вселених гідробіонтів до нових умов існування зі створенням ними стійких популяцій, здатних до самовідтворення. У процесі акліматизації утворюються нові акліматизовані популяції (або натуралізація акліматизованих гідробіонтів). Від інтродукції до натуралізації мають місце такі фази, як інкубаційна, адаптаційна й флуктуаційна. Інтродукція об'єктів аквакультури – це діяльність із вселення гідробіонтів (інтродуцентів) у водні

об'єкти (їх частини), що розташовані за межами їх природного ареалу, з метою забезпечення збільшення обсягів продукції аквакультури та здійснення рибогосподарської меліорації за відсутності природного відтворення вселених організмів у нових місцях перебування. Власне, це перенесення (переселення) гідробіонтів людиною в нові водойми (біотопи) з перспективою на акліматизацію.

Якщо акліматизовані гідробіонти не вступають у гострі, конкурентні відносини з аборигенами, утилізувавши при цьому невживані ресурси, то маємо акліматизацію впровадження, в іншому випадку – акліматизацію заміщення, за якої чисельність аборигенів скорочується або зовсім витісняється більш конкурентоспроможними вселенцями.

Другий випадок акліматизації характерний для устричних банок Чорного моря, які повністю знищені внаслідок проникнення в них моллюска рапана. Інтродукція кормових ресурсів моря проводилася рідше, ніж водосховищ та озер, проте носила масовий характер. Найбільш із пересадок відоме вселення в Каспійське море з Азовського поліхети *Nereis diversicolor*. Акліматизація промислових гідробіонтів також здійснюється стосовно риб, ракоподібних, моллюсків і водних ссавців.. Величезного успіху досягнуто при вирощуванні амурських рослиноїдних риб у водоймах Молдови, України. Зокремих акліматизованих риб найбільше значення в промислі мають рослиноїдні риби (білий товстолоб, білий Амур, пелядь, лящ, сазан, срібний карась і судак). Серед морських риб натуралізувався в нових місцях американський прохідний оселедець, пересаджений у води Тихоокеанського узбережжя Америки з Атлантичного узбережжя; нині вона стала однією з найчисленніших промислових риб Каліфорнії. Тихоокеанські лососі натуралізувалися на узбережжях Чилі, Нової Зеландії. Успішно переселена з Чорного моря в Каспійське кефаль (1930–1934 рр.), яка стала важливим промисловим об'єктом у новому для неї місці. Інтродукція моллюсків відома із середини XVIII ст., коли в 1769 р. перлівницю *Margaritana margaritifera*, що використовувалася для виготовлення перламутру, перевезли з Баварії в Штейн (Німеччина). У 1938 р. успішно завершилась інтродукція американських моллюсків *Lampsilis* та *Quadrula* у водойми Німеччини. У 1968 р. відбулася стихійна акліматизація португальської устриці *Gryphaea angulata* внаслідок її викидання як зіпсованого вантажу на узбережжя Франції. У 1949 р. устрицю *Ostrea edulis* перевезли із Голландії в район Мілфорда (США), де вона добре прижилася. У 1955 р. цей же вид устриць успішно пересаджений з Англії до Канади. Особливо вдалим прикладом акліматизації моллюсків є переселення японської устриці *Crassostrea gigas* на Тихоокеанське узбережжя Північної Америки й в інші її райони. Фаза «демографічного вибуху» цієї устриці відмічена була на Атлантичному узбережжі Франції [43]. Успішно переселені з вод Японії на північне узбережжя Тихого океану моллюски *Tapes philippinorum* і *Trapezium liratum*; з Атлантичного океану на Тихоокеанське узбережжя Америки – *Mya arenaria* *Modiolus demissus* і низка інших моллюсків. Під час проведення акліматизаційних

робіт важливо знати потенційний ареал поширення видів, який зазвичай значно ширше від фактичного, і враховувати при цьому чотири критерії:

1) географічний, що указує можливість акліматизації, виходячи із зіставлення кліматичних характеристик сучасного й можливого (потенційного) ареалів;

2) екологічний, що указує на таку можливість, виходячи з вимог організму до середовища, передусім, у найбільш лабільні моменти його життя (розмноження, розвиток);

3) біотичний визначений відсутністю у фауні водойми, яка збагачувана біологічно подібним видом, що забезпечує наявність вселеного виду, щодо його вільної біологічної ніші;

4) господарський, що характеризує об'єкт, який вселяється, щодо його корисності, виходячи з промислово-товарних якостей.

Одночасно доводиться враховувати «біологічну вартість» вселених об'єктів, зокрема ефективність використання ними їжі.

4. Аквакультура (рибництво) – сільськогосподарська діяльність із штучного розведення, утримання та вирощування об'єктів аквакультури у повністю або частково контрольованих умовах для одержання сільськогосподарської продукції (продукції аквакультури) та її реалізації, виробництва кормів, відтворення біоресурсів, ведення селекційно-плеємної роботи, інтродукції, переселення, акліматизації та реакліматизації гідробіонтів, поповнення запасів водних біоресурсів, збереження їх біорізноманіття, а також надання рекреаційних послуг. Із розвитком цивілізації й зростанням технічних можливостей людей здійснюється інтенсивне освоєння гідросфери як джерела біологічної сировини. Цей процес розвивається в різних аспектах. Насамперед, крім мало освоєних водойм, в експлуатацію включаються більш великі, аж до відкритої частини Світового океану. Другий аспект – посилення експлуатації наявних біоресурсів, «дарів природи», за рахунок удосконалення техніки лову та розширення асортименту об'єктів, що добуваються. Третій аспект полягає в охороні природного відтворення біоресурсів і здійсненні низки заходів, які підвищують його ефективність. Нарешті, четвертим (вищим) етапом є перетворення водойм на культурно оброблювані водогосподарські угіддя з поширенням на них тих самих принципів господарювання, що знаменували становлення й розвиток сільськогосподарського виробництва. Усі чотири аспекти інтенсифікації реалізуються, як це було й при освоєнні суші, паралельно один одному. В історичному аспекті акцент зміщується на вдосконалення промислу та забезпечення його сировинної бази, на розвиток аквакультури. За напрямками діяльності аквакультура може здійснюватися з метою: – отримання товарної продукції аквакультури та її подальшої реалізації (товарна аквакультура); – штучного розведення (відтворення), вирощування водних біоресурсів; – надання рекреаційних послуг. Основними напрямками отримання товарної аквакультури

є випасна, ставкова та індустріальна аквакультура. Випасна аквакультура – діяльність з екстенсивного вирощування об'єктів аквакультури шляхом вселення різновікових груп гідробіонтів, одержаних в умовах аквакультури, в рибогосподарські водні об'єкти (їх частини) для підвищення ефективності використання їх біопродукційного потенціалу. Вона ґрунтується на ефективному використанні природних кормових ресурсів водойм. Випасна аквакультура – найбільш економічний і перспективний напрямок одержання продукції гідробіонтів, оснований на використанні природного біопродуктивного потенціалу. Використання випасних водойм (спускних і неспускних ставів, водосховищ, водойм комплексного призначення) може забезпечити швидкий і високий економічний ефект. Ставкова аквакультура – діяльність з розведення, утримання та вирощування об'єктів аквакультури з використанням рибницьких ставків, штучно створених водойм (руслів, балочних або одамбованих ставків), відокремлених від материнських водних об'єктів (їх частин), лиманів, обводнених торфових кар'єрів тощо. Це використання інтенсивних і напівінтенсивних методів вирощування одомашнених або високопродуктивних порід і кросів риб. Ставкове рибництво – основний напрямок сучасної аквакультури. За останні п'ятнадцять років ставкове рибництво ведеться на екстенсивній і напівекстенсивній основі, базується на полікультурному вирощуванні коропа і рослиноїдних риб. Індустріальна аквакультура – це діяльність із штучного розведення, утримання та вирощування об'єктів аквакультури з використанням рибницьких і плавучих садків, рибницьких басейнів, інших технологічних пристроїв, у тому числі із застосуванням установок замкнутого водопостачання. Цим методом рибу вирощують при високій щільності посадки з використанням різних способів інтенсифікації. Індустріальне вирощування має великі переваги і перспективи. За організаційно-технологічними показниками аквакультура може здійснюватися за інтенсивною, напівінтенсивною та екстенсивною формами. Екстенсивна форма аквакультури – організаційно-технологічна форма рибогосподарської діяльності у сфері аквакультури, за якої вирощування об'єктів аквакультури здійснюється з використанням природних кормових ресурсів рибогосподарських водних об'єктів (їх частин) без застосування засобів інтенсифікації. Екстенсивний розвиток товарного рибництва означає ріст виробництва продукції за рахунок збільшення площ вирощування риби, збільшення тривалості міжремонтних періодів експлуатації гідротехнічних споруд і механізмів й кращого використання обладнання. Екстенсивне ведення рибного господарства засноване на природній кормовій базі і залежить від родючості ґрунту та інших природних чинників середовища. Ефективність товарного рибництва у цих умовах диференційована за природно-кліматичними і ґрунтовими зонами.

У сучасних умовах все більшого розвитку набуває інтенсивна форма ведення й підвищення ефективності товарного рибництва. Інтенсивна форма аквакультури – організаційно-технологічна форма рибогосподарської діяльності у сфері аквакультури, за якої вирощування об'єктів аквакультури здійснюється з

ущільнених посадок із інтенсивною штучною годівлею комбікормами, збалансованими за складом відповідно до біологічних потреб конкретних гідробіонтів, та іншими кормами з високою поживністю. Мета інтенсифікації полягає в отриманні максимуму продукції з одиниці площі водойми при мінімальних затратах матеріальних ресурсів і живої праці. Вона означає досконалість біотехніки і організації виробництва, передбачає годівлю риби, внесення добрив і меліорацію водойм, підвищення рибопродуктивності за рахунок ущільнених посадок сумісне вирощування риби різних видів і різного віку, використання біостимуляторів росту риби, введення комплексної механізації і автоматизації рибоводних процесів. У результаті інтенсивного ведення господарства зростає виробництво продукції, ефективно використовуються всі види ресурсів. Напівінтенсивна форма аквакультури – організаційно-технологічна форма рибогосподарської діяльності у сфері аквакультури, що здійснюється із застосуванням окремих засобів інтенсифікації, у тому числі з обмеженою штучною підгодівлею кормами різної поживності. В свою чергу, розрізняють прісноводну та морську аквакультуру. У першому випадку це відтворення та вирощування гідробіонтів у прісноводних екосистемах (озера, водосховища, ставки), а в другому – в солонуватоводних та морських акваторіях. Відповідно вирощування прісноводних гідробіонтів (риби) називається лімнокulturурою, а морських – марикультурурою. Аквакультуру можна розглядати як господарювання на водоймах із метою підвищення їх продуктивності, аналогічно як діяльність на суші, що пов'язана з організацією сільськогосподарського виробництва. До приватних форм ведення аквакультури, у її ширшому розумінні, належить рибництво в озерах і водосховищах, ставкове рибництво, садкове й басейнове вирощування (лоткове) риб, устричні та мідієві господарства, культивування ракоподібних, водоростей та інших гідробіонтів.

Контрольні питання

1. Охарактеризувати промисел риби.
2. Охарактеризувати промисел нерибних об'єктів.
3. Назвати чинники, що впливають на зменшення природного відтворення промислових гідробіонтів.
4. Дати визначення акліматизації та інтродукції. Назвати види акліматизації.
5. Назвати найбільш відомі акліматизовані рослиноідні риби в промислі.
6. Як Ви розумієте поняття аквакультури? Назвати форми ведення аквакультури.

Список рекомендованої літератури

1. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 1. Підручник. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.

2. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 2. Підручник Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 612 с.
3. Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с
4. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
5. Товстик В. Ф. Рибництво. Навчальний посібник. Харків. Еспада. 2004. 272 с.
6. Хвесик М.А., Рижова К.І. Рибне господарство України (екологоекономічний аспект). Київ. РВПС України НАН України. 2004. 53 с.
7. Шарило Ю.Є., Вдовенко Н.М., Федоренко М.О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Київ. 2016. 119 с.
8. Шерман І. М. Рибництво. Київ. 2002. 192 с.
9. Шерман І. М. Ставове рибництво. Київ. 2008. 336 с.
10. Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ. Вища освіта, 2005. 351 с.

Лекція №5. Відтворення гідробіонтів

План

1. Лімнокультура риб.
2. Марикультура риб.
3. Аквакультура безхребетних.
4. Культивування водоростей.

Хід заняття

1. Найпоширенішим є рибицтво в озерах й водосховищах, що невеликі за площею, легко піддаються окультуренню як господарські угіддя зі значним підвищенням рибопродукційного ефекту. Перший ступінь розвитку озерної аквакультури – заміна малоцінних і тугорослих риб високопродуктивними. Найпростіша заміна малоцінних риб високопродуктивними вирішується в заморних озерах (вселення потрібних риб після загибелі внаслідок нестачі кисню). Це дає можливість вирощувати тільки товарних цьоголіток. Для вирощування дворічок потрібне створення розплідників. Одним зі способів заселення озер цінними рибами – є повний вилов наявних малоцінних видів. У будь-якому випадку для зариблення озер потрібний посадковий матеріал. Він може бути отриманий при переході деяких озер у розплідники. Рибопродуктивність озер різко підвищується при спільному вирощуванні в них не одного, а декількох видів риб. Наприклад, при вирощуванні пеляді або сига продукція становить 30–40 кг/га; полікультури, що складається з пеляді, сига й судака, становить 100–150 кг/га. Можна використовувати й складніші схеми полікультури, що передбачає сумісний нагул більшості видів риб, які не конкурують між собою, у тому числі й рослиноїдних. Удосконалення озерного рибицтва досягається також унесенням мінеральних добрив, що стимулюють первинне продукування та підкормлювання риб. Украй перспективним для розвитку рибного господарства на водосховищах є використання мілководних заток для вирощування товарної риби, їх продуктивність може сягнути 10 ц / га [12, 14, 18, 19, 52, 54]. Своєрідним поєднанням аква- та агрокультури є розведення риби на рисових полях. У Японії й Індії за вісім місяці вегетаційного сезону продукція риби на затоплених полях становила 1,5–2 ц, а в окремих випадках – до 20 ц / га. Мальок риби (переважно коропа), що випускається на рисові поля, росте, не вимагаючи додаткового догляду, на природній кормовій базі, не тільки не погіршуючи, але часто навіть підвищуючи врожайність рису за рахунок біологічної меліорації чеків. Якщо врахувати, що для виробництва рису у світі використовують близько 150 млн га, то можна побачити, які величезні можливості приховує в собі розвиток рибицтва на рисових полях.

Садкове й басейнове вирощування прісноводних риб. Садкове й басейнове вирощування риб– вища форма товарного рибицтва. Його суть полягає в тому, що мальки риб утримуються в невеликих об'ємах води при вкрай високій

щільності посадки (200–300 екз / м³, у ставках – 0,2–0,3 екз / м³), яка стає можливою завдяки внесенню концентрованих кормів, високій швидкості протікання води, що привносить кисень і виносить усі продукти метаболізму. Найчастіше застосовуються сітчасті плавучі садки, що встановлюються у водоймах, зокрема, водосховищах або скидних каналах водоймах-охолоджувачах. Там вирощують зазвичай короїв. На водосховищах рекомендується використовувати сітчасті садки (нерестові, малькові, вирощувальні, нагульні), корм у які задається автоматично. Однолітки коропа при щільності посадки 100–300 екз/м³ досягають восени 25–30 г, дворічки – 300 г. Особливо ефективно садкове вирощування на базі теплих вод. У плавучих садках Змієвської ТЕЦ із площі 1050 м² виходить щорічно 1200 ц коропа. Найбільш керованою формою промислового рибництва є басейновий метод. У лотках або інших ємкостях (із залізобетону, скла, пластику тощо) створюється режим, оптимальний для процесу вирощування риби за всіма основними показниками. Заводське вирощування мальків цінних риб для випуску її в річки зводиться до вилову репродукторів, отримання від них статевих продуктів, запліднення ікри та її інкубації. Мальки випускають у водойму відразу ж або після попереднього вирощування до потрібного розміру. При басейновому вирощуванні мальків деяких риб, наприклад лососевих, можна використовувати штучні корми. Для мальків осетрових потрібні живі кормові організми з числа тих, якими мальки харчуються в природних умовах, або інші, що задовольняють відповідні їх вимоги.

2. Марикультура (морська аквакультура) – діяльність з розведення, утримання та вирощування об'єктів аквакультури у внутрішніх морських водах, територіальному морі та виключній (морській) економічній зоні країни із застосуванням плавучих садків, інших технологічних пристроїв з використанням морської води. Вирощування морських риб проводиться переважно для отримання товарної продукції, рідше – для посилення природного відтворення господарських цінних видів.

Для ведення марикультури використовуються природні й штучні водойми. Найчастіше риб розводять у різних прибережних водоймах, що заповнюються під час припливу та забезпечених греблями для утримання води під час відпливу. Іноді такі водойми розміщуються так низько, що не обсихають під час відпливу й тому необхідності у спорудженні греблі немає. В інших випадках спад води заповнюється роботою насосів. Дуже часто марикультура здійснюється в затоках і бухтах, відгороджених сітками. Як правило, вирощувальні площі (ємкості) зариблюються мальками, що відловлюються в морі, рідше – вирощеними в розплідниках. Живлення риб забезпечується за рахунок природної кормової бази або штучної підгодівлі. Садкова марикультура ґрунтується здебільшого на внесенні природного або штучного корму ззовні. Рухливість води (припливи й відливи) забезпечує винесення із садків продуктів обміну та надходження кисню.

Із морських заток й інших ділянок для марикультури часто використовують ті, які підігріваються термальними водами електростанцій, що споруджуються на узбережжі. Особливо поширена й ефективна марикультура в країнах Південно-Східної Азії. До основних об'єктів марикультури тут відносять жовтохвіст, кефаль Жовтохвіст у великому масштабі й дуже ефективно вирощують у Японії (більше 700 тис. ц у рік). Товарного жовтохвоста вирощують переважно в садках, що плавають на поверхні(прикріплюються до рами з бамбукових брусів або сталевих труб), або занурених, які під час шторму опускаються на глибину до 10 м і більше. Садки встановлюються біля берега в захищених від вітру місцях, де течія забезпечує концентрацію кисню більше 3 мг л. Корм дається двічі на день (піщанка, анчоус, хек й ін.), кормовий коефіцієнт – близько 8. Із червня по грудень жовтохвіст виростає до 30–50 см із пересічною масою 1–1,5 кг. На другий рік він досягає маси 3–4 кг, на третій – 5–6кг. У нашій країні отримано добрі результати марикультури риб при садковому вирощуванні білуги й бестера в Азовському морі У сітчастих садках площею 15 м² мальок вагою 5 г досягає у перший рік 90 г, на другий рік у садках площею 80 м² – до 1300 г. Сумарна продукція бестера з восьми басейнів складала 5 т. Як корм використовували тюльку й іншу дрібну рибу (кормовий коефіцієнт – 7–8). Ефективним виявилось садкове вирощування форелі в Прибалтиці (до 12 кг / м³) із використанням як корму рибної пасти (кормовий коефіцієнт 3–5). Украй перспективна марикультура риб на природній кормовій базі там, де морська вода достатньо тепла й багата біогенами, що зумовлюють високий рівень первинного та вторинного продукування. Такі умови найбільш характерні для напівзамкнених прибережних водойм, схильних до дії припливів і відпливів із більш-менш опріснено водою. Велика економічна вигідність марикультури на природній харчовій базі дає можливість створення великих рибогосподарських угідь без істотних капіталовкладень, які необхідні при широкій організації прісноводного господарства.

3. Вона полягає в розведенні морських молюсків і ракоподібних, причому для цього використовують прибережні ставки, окремі ділянки моря, різні садки та басейни. Із молюсків найчастіше розводять устриць, мідій, морських гребінців і головоногих. Світова продукція устриць, зокрема тихоокеанська устриця *Crassostrea gigas*, на яку припадає 95 %, перевищує 800 тис. т. Для найбільш інтенсивної форми вирощування молюсків-виробників, що містяться в басейнах або проточних садках, потрібно підвищувати температуру, що зумовлює їх розмноження. Личинки, які з'являються, вигодовуються водоростями, потім вони осідають на субстрат, після цього личинки (спат) переносять у вирощувальні садки. Через рік устриці, які підросли, розсосереджуються й вирощуються далі. Через три роки вони досягають товарного розміру.

Перед продажем устриці поміщають в очисні басейни, де, не харчуючись, вони через декілька днів звільняються від умісту кишківника. Продукція досягає

90 т / га. Особливо висока продукція устриць у зонах спуску підігрітих міських стоків. Наприклад, в Іспанії в таких зонах вона досягає 130 т / га, оскільки добриво стимулює розвиток фітопланктону – їжі устриць [43]. Світове виробництво мідій (на 85 % європейські *Mytilus edulis*) – 420 тис. т у рік. Вирощуються вони трьома способами: на сваях, на дні і на плаваючих канатах. Личинки здебільшого збираються в морі, товарного розміру (4–5 см) досягають через 4–5 місяців. Мідії використовують фітопланктон економічніше, ніж устриці, та дають велику продукцію – в Таїланді до 180 т / га (три врожаї на рік). В Україні мідієве господарство успішно розвивається в Керченській протоці. Із ракоподібних розводять переважно солоноводних креветок *Penaeus* і прісноводних гігантських креветок *Macrobrachium rosenbergii*. Марикультура ракоподібних найбільш розвинена в країнах Південно-Східної Азії. У Японії продукція креветок досягає близько 300 тис. т. Продуктивність їх становить до 80–160 ц / га у рік. У Таїланді площа креветкових господарств – близько 8 тис. га, продуктивність варіює від 250 до 900 кг / га. Культивування креветок тут обмежується вирощуванням личинок, що запускаються в ставки під час припливу. У В'єтнамі в креветкові ставки перетворено приблизно 1000 гарисових полів, продукція яких складає 20–250 кг / га. У деяких місцях Східної Азії креветки прийнято вирощувати як додатковий об'єкт при культивуванні риби. Окрім креветок, у невеликій кількості розводять омарів, культивування яких ускладнюється тривалістю циклу розвитку (із моменту спарювання до вилуплення личинок проходить близько двох років) і канібалізмом. Освоюється культивування лангустів і крабів.

4. Значна увага в різних країнах приділяється культивуванню прісноводних водоростей, що належать до родів *Chlorella*, *Scenedesmus* і *Lagerheimia*. Їх розводять у наземних установках відкритого або закритого типу, у яких міститься чиста культура водоростей. Вони забезпечуються мінеральним живленням і проріджуються періодичними обловами, які одночасно є і формою зняття продукції. Відкриті установки – басейни або ставки, що заповнюються водою на глибину 20–30 см і періодично удобрюються мінеральними речовинами. Продукція водоростей складає близько 10 г/м² на добу, або 30 т / га в рік. При вирощуванні полікультури діатомових водоростей у ставках, що заливалися морською водою з додаванням очищених побутових стоків (Флорида, США), щодобовий збір водоростей сягав у сухій вазі 24 г/м² за добу, тобто не поступався врожаю найпродуктивніших сільськогосподарських культур.

Контрольні питання

1. Що таке марикультура й лімнокультура?
2. Назвати основні переваги садкового та басейного вирощування прісноводних риб.

3. Назвати об'єкти та охарактеризувати способи ведення марікультури.
4. Яким водоростям надається перевага в культивуванні?

Список рекомендованої літератури

1. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 1. Підручник. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.
2. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 2. Підручник Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 612 с.
3. Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с
4. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
5. Товстик В. Ф. Рибництво. Навчальний посібник. Харків. Еспада. 2004. 272 с.
6. Хвесик М.А., Рижова К.І. Рибне господарство України (екологоекономічний аспект). Київ. РВПС України НАН України. 2004. 53 с.
7. Шарило Ю.Є., Вдовенко Н.М., Федоренко М.О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Київ. 2016. 119 с.
8. Шерман І. М. Рибництво. Київ. 2002. 192 с.
9. Шерман І. М. Ставові рибництво. Київ. 2008. 336 с.
10. Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ. Вища освіта, 2005. 351 с.

Лекція №6. Типи континентальних водних об'єктів та їх характеристика

План

1. Загальна характеристика річок. Умови життя.
2. Загальна характеристика озер та боліт. Умови життя.
3. Загальна характеристика штучних водойм. Умови життя.
4. Загальна характеристика підземних вод.

Хід заняття

1. Континентальні водоймища, розміщені в заглибленнях суші, можуть бути природними й штучними. Перші переважно представлені річками, озерами, болотами, лиманами, другі – каналами, водосховищами й ставками. Континентальні водоймища здебільшого прісні, іноді вони бувають солонуватими, солоними (деякі безстічні озера).

Загальна характеристика річок.

Умови життя. Річки – водойми, водна маса яких переміщується від витoku до гирла внаслідок різниці їх положення над рівнем моря, під впливом сили тяжіння. Річки за умовами протікання бувають рівнинними, напівгірськими та гірськими; за розміром басейну – великі, середні, малі. Річки, які виносять свої води в океани, моря або озера, називаються головними а ті, що впадають у них – притоками. Сукупність усіх річок, які скидають свої води через головну річку, утворюють річкову систему. Частина суші, зайнята річковою системою та відокремлена вододілами від інших ділянок, утворює річковий басейн, а поверхня, із якою вона збирає води, – водозбірну площу. Річки зазвичай течуть у вузьких пониженнях – долинах, у яких розрізняють найбільш знижену частину – ложе, поглиблення в ложі – корінне русло, яким вода тече в період між повеннями, або в межень, і заплавне русло, або заплава, – частина дна (ложа) долини, якою вода тече в повінь. У напрямі від витoku до гирла розрізняють верхню, середню й нижню течії річок. Для верхньої течії характерні відносна маловодність, значна крутизна ухилу та, відповідно, висока швидкість потоку води. Із переходом до середньої й нижньої течій ухил русла зменшується, річка стає багатоводнішою за рахунок приток, швидкість руху води вповільнюється. У верхів'ях річок, де швидкості течії високі, переважно відбувається розмив ложа та надходження у воду продуктів його руйнування. Тому дно річки в її верхів'ї представлене материнськими породами, що утворюють корінні ґрунти. Лише в небагатьох затишних місцях, де відбувається осадження, або седиментація, зваженого у воді матеріалу, корінні ґрунти прикриваються зверху наносними. У середній течії річки процеси розмиву й намивання приблизно врівноважують один одного й ґрунт, що змивається в одних місцях, відкладається в інших, дно річки тільки зрідка представлене материнськими породами, здебільшого ж покрите наносними ґрунтами. У нижній течії річок наносні ґрунти (пісок, мул) стають

єдиними. Рух води в річках викликає розмив, або ерозію, її ложа в глибинному й бічному напрямках. Ґрунт, що змивається в одних місцях, переноситься течією та відкладається в інших, унаслідок чого конфігурація ложа в горизонтальному й вертикальному напрямках безперервно міняється.

У результаті бічної ерозії річка в її середній течії часто міняє контури берегів, ніби блукає долиною, або мандрує, утворюючи петлі, чи меандри. Річки є посередниками в процесах водообміну між сушею й Світовим океаном. Через них в океан повертається та вода, що випаровується з нього, яка випадає на сушу у вигляді опадів. Кількість води, що виноситься річками, або їх стік, досягає близько 42 тис. км³ на рік. Разом із водним стоком формується твердий стік – винесення річковими водами всіляких твердих компонентів, стік розчинених речовин і біостік. Найбільше значення для мешканців річок серед абіотичних чинників мають рівневий і паводковий режими, швидкість течії, прозорість, температура й сольовий склад води, а для мешканців дна, окрім того, ще й характер ґрунтів. Рівневий режим визначається співвідношенням надходження й витрати води. Живлення річок може бути дощовим, сніговим, льодовиковим і підземним. Здебільшого живлення змішане, причому співвідношення його окремих форм змінюється в різних ділянках і в різний час року. Дощове живлення річок переважає в місцевостях із морським кліматом, снігове – там, де континентальний клімат, льодовикове – у високогірних районах, підземне – у посушливий час і взимку, коли річки покриті льодом, що виключає інші форми живлення. Підвищення рівня річки відбувається в результаті різкого посилення дощового, снігового або льодовикового живлення в ті або інші сезони, у край різні в окремих районах. Рівень води під час паводків може підніматися на 10–15 м. Швидкість течії залежить переважно від ухилу ложа, коливань рівня й величини перерізу річки. Із просуванням від витoku до гирла швидкість течії поступово сповільнюється. У придонних шарах течія слабша, ніж у товщі води або на поверхні. Там, де русло, розширюючись і заглиблюючись, утворює плесо, течія слабшає, а в місцях звуження або зменшення глибини – на перекатах – зростає. Потік води в річках має не ламінарний (лінійний), а турбулентний характер, коли утворюються всілякі завихрення, що обумовлюють енергійне перемішування водної маси та вирівнювання всіх гідрологічних градієнтів (температурних, сольових, газових й ін.). Температура залежить від характеру живлення річки, клімату району, де вона протікає, і різних гідрологічних особливостей. Великі річки, що протікають у широтному напрямі, несуть теплі води у високі широти й холодні – у низькі. Оскільки вода в річках інтенсивно перемішується, її температура в різних ділянках потоку схожа. Сезонні коливання температури в річках вкладаються в амплітуду 0–30°C, добові досягають 10–20°C у витоках гірських річок й 1–1,2°C – у рівнинних. Світло швидко згасає в річковій воді, якщо в ній багато завислих речовин, і доходить до дна, коли прозорість достатньо висока. Прозорість до дна спостерігається в гірських річках, що протікають породами, які не розмиваються, і бідних планктоном. У рівнинних річках прозорість сильно змінюється з переходом від паводкового періоду (найбільша

каламутність) до меженого. Завислі речовини в найбільшій кількості наявні у воді, коли швидкість її течії велика й ложе складається з м'яких порід. Крім завислих частинок, річкова вода може переміщувати по дну крупніший матеріал – гравій, гальку. Мінералізація води змінюється за сезонами року, помітно знижуючись під час паводків. Уміст біогенів у річках залежить від їхнього характеру та сезону року. Кількість фосфатів у рівнинних річках виражається, десятими й сотими долями міліграма на літр, помітно менше їх у гірських потоках. Концентрація солей азоту вища, ніж фосфатів. Розчинені органічні речовини трапляються в річковій воді в різних кількостях залежно від характеру живлення. Перманганатна окисленість води в річках льодовикового живлення зазвичай не перевищує 1–2 мг/л O_2 , при сніговому й дощовому живленні може підніматися до 15–20 мг/л O_2 (наприклад у Волзі). Особливо велика та, що окисляється в річках із болотяною водою – до 64 мг/л O_2 під час рясного дощу з поверхні суші (паводки) окисленість річкових вод помітно підвищується. Газовий режим річок, коли вони не вкриті крижаним покривом, зазвичай сприятливий для життя. Із моменту льодоставу концентрація кисню у воді поступово падає і її мінімум спостерігається перед льодоходом. У річках із водою, що швидко окислюється в зимовий час, коли надходження кисню з атмосфери практично виключається, газовий режим різко погіршується й нерідко спостерігаються замори. Вуглекислоти в річковій воді влітку небагато, узимку її концентрація помітно зростає, особливо в річках із водою, що швидко окислюється. Сірководень у річкових водах практично відсутній, якщо вони не забруднені великою кількістю різних побутових і промислових стоків.

2. Озеро – природна западина на земній поверхні різної величини і форми, заповнена прісними або солоними водами з уповільненим водообміном.

За походженням озерної улоговини розрізняють: озера тектонічні, утворені в результаті зрушень і розломів у земній корі, релік, льодовикові, такі, що виникли при відступі льодовиків у плейстоценовий час, карстові або провальні, еолові, вулканічні.

Для зони вічної мерзлоти характерні термокарстові озера. У долинах річок численні заплавні озера – відділені ділянки колишнього русла. Біля морського узбережжя трапляються озероподібні водойми – лагуни й лимани. Перші з них – відділені морські затоки, другі виникають у результаті загачування річок піщаними косами. За характером водного живлення розрізняють озера безстічні, що отримують воду з джерел та атмосферних опадів, стічні – із тим самим характером живлення, що й попередні, але такі, що мають стік, проточні, або річкові, – що мають притік і стік, та гирлові – такі, що мають притік, але позбавлені стоку. Якщо притік вищий за стік і різниця компенсується випаровуванням, в озерах, особливо гирлових, може відбуватися осолонцювання води. Улоговина озера зазвичай утворена підводною терасою, що

характеризується поступовим слабким пониженням суші, далі йде схил, крутіший кут пониження, що переходить у котловину, яка займає велику частину озерного дна. Відповідно до названих ділянок в озерній бенталі прийнято виділяти літораль – прибережне мілководдя, сублітораль, яка тягнеться до нижньої межі розповсюдження донної рослинності, і профундаль, що охоплює решту площі озерного дна (є тільки в дуже глибоких озерах). Пелагіаль озера ділиться на прибережну, лежачу над підводною терасою, і власне пелагіаль, розміщену над схилом та котловиною. По вертикалі водна маса озер розділяється на верхній шар – епілімніон, у якому температура зазнає різких сезонних і добових коливань, нижній, або гіполімніон, де температура протягом року міняється слабо, та проміжний, або металімніон, – шар температурного стрибка. За біологічною класифікацією, прісноводні озера поділяються на евтрофні, мезо-, оліго й дистрофні. До евтрофних належать неглибокі (до 10–15 м) рівнинні озера з рясним надходженням біогенів. Улітку в них у масовій кількості розвивається фітопланктон, зокрема синьо-зелені водорості та, відповідно, рясні бактеріо- й зоопланктон, зообентос і риби. Ґрунти мулисті, прозорість води низька, її колір – від зеленого до буро-зеленого, літораль добре виражена, сильно заростає макрофітами. Водна маса гіполімніону, порівняно з епілімніоном, мала, бідна киснем, а на початку літньої й зимової стагнації зовсім позбавляється його. Водна товща прогрівається до дна. Оліготрофні озера характеризуються слабким надходженням біогенів, тому фітопланктону в них мало й, відповідно, кількісно бідні бактеріо- та зоопланктон, зообентос і риби. Зазвичай вони розміщені на кристалічних породах, глибокі (понад 30 м), гіполімніон за об'ємом перевершує епілімніон, багатий киснем. Поглинання останнього відбувається слабо й навіть до кінця літньої стагнації насиченість води киснем досягає 60–70 %. Прозорість води висока, гумінових речовин дуже мало, літораль розвинена слабо, донні відкладення бідні органікою. До мезотрофних належать озера, що займають проміжне положення між оліго- й ефтрофними озерами. Дистрофні озера є неглибокими водоймами із сильногуміфікованою водою, часто заболочені, із торф'янистими відкладеннями на дні, що виключають контакт води з ґрунтом, тому вода слабомінералізована та, зокрема, бідна біогенами. Планктон і бентос дистрофних озер дуже бідні, часто вони безрибні. До провідних чинників абіотичного середовища в озерах належать рух води, температура, світло, розчинені у воді речовини й характер ґрунтів. Рух води може виявлятися у формі течій, хвилювань, турбулентного перемішування. Градієнтні течії обумовлюються різною щільністю водних мас. Найбільше значення мають течії, що викликаються вітровою денівеляцією. Біля навітряного берега рівень води внаслідок нагону підвищується, і вона, опускаючись углиб, утворює глибинну течію в бік підвітряного берега. Тут вода в місцях згону піднімається вгору, звідки під дією вітру переміщується до навітряного берега. Виникає циркуляція, здатна охоплювати всю водну масу озера. Коливальні рухи виявляються у формі хвиль і сейш (стоячих періодичних коливань усієї водної маси озер). Хвилі утворюються в результаті тертя повітря об воду. Сейші виникають, коли після раптового

припинення вітру, що зганяє воду в один кінець озера, починається зворотна течія до підвітряного берега й рівень води стає тут вищим від нормального. Потім вода рухається у зворотному напрямі, що викликає підвищення рівня біля підвітряного берега тощо. Температурний режим озер залежить від їх географічного положення та особливостей вертикальної циркуляції вод й переважно залежить від температурних контрастів в атмосфері, властивих цій кліматичній зоні. Велику роль у перемішуванні води відіграє вітрова діяльність, залежна від рельєфу місцевості. У більшості озер помірних широт улітку й зимою спостерігається різко виражена температурна дихотомія (різниця температури поверхневих та придонних водних мас) та, відповідно, стратифікація води. У результаті цього вертикальна циркуляція води порушується та у водоймищі настає період застою, або стагнації. Навесні холодна поверхнева вода нагрівається до 4°C і, стаючи найбільш щільною, починає занурюватись углиб, а на її місце знизу піднімається менш щільна вода. У результаті такої циркуляції в водоймищі настає гомотермія, коли температура у всій масі води стає однаковою, рівною 4°C . Із подальшим підвищенням температури поверхневі води, стаючи менш щільними, не занурюються вглиб і поступово прогріваються все більше, так що температурна дихотомія посилюється. Наступає літня стагнація. Восени поверхневі води, охолоджуючись та стаючи щільнішими, починають опускатись углиб, і процес перемішування відбувається до тих пір, поки не наступить нова, осіння гомотермія. Коли поверхневі води почнуть охолоджуватися нижче 4°C , вони як менш щільні, не занурюються вглиб і у водоймищі знову встановлюється температурна дихотомія. Наступає зимова стагнація. У 1892 р. Ф. Форель за особливостями температурного й циркуляційного режимів виділив три типи озер: помірні (повна циркуляція весною та осінню), тропічні (циркуляція зимою, на поверхні завжди $T > 4^{\circ}\text{C}$) і полярні (циркуляція влітку, завжди $T < 4^{\circ}\text{C}$). Світло проникає на значну глибину тільки в оліготрофних озерах, прозорість води яких може досягати 40 м. У решті озер прозорість рідко перевищує 2–3 м, і світло поглинається в самому поверхневому шарі. Особливо малопрозорі дистрофні озера з темною, сильно гуміфікованою водою. Із чистотою води пов'язаний її колір, що визначається спектральним складом променистого потоку, що йде з водоймища. Оскільки молекули води найбільше розсіюють сині й блакитні промені, вони переважають у світловому потоці, що виходить із водоймища – і тому чисті озера здаються яскраво-синіми. Завислі частинки розсіюють довгі промені, вода каламутних озер на додаток до синього кольору набуває жовтуватих або коричневих тонів. Переважна більшість озер належить до прісних, менша частина – до солонуватих, солоних або пересолених. Залежно від складу солей розрізняють хлоридні, содові й сірчані озера. Осолонцювання озер може слабшати або посилюватися у зв'язку з коливаннями клімату та умов водообміну. З іонів, присутніх у воді прісних озер, найбільше значення мають ті, які утворюються при розчиненні карбонатів (близько 60 %), сульфатів, хлоридів, нітратів, сполук кремнію, заліза, марганцю, фосфору. Іноді трапляються озера, солоність яких різко міняється в

горизонтальному або вертикальному напрямках. Газовий режим цілком сприятливий для гідробіонтів в оліготрофних озерах, де кількість кисню звичайна у всій товщі води близька до нормального й немає сірководню. В евтрофних озерах кисневий режим сприятливий навесні та восени, коли має місце гомоксигенія. Узимку та влітку, під час стагнації води, уміст кисню в гіполімніоні може різко знижуватися, а поблизу дна – падати майже до 0. Розподіл вуглекислого газу має протилежний характер: біля поверхні його мало, на глибині може в багато разів перевищувати норму. У придонному шарі часто трапляється сірководень. У мезотрофних озерах газовий режим близький до того, який спостерігається в оліготрофних озерах, але кисню в товщі води менше. Озерні ґрунти діляться на автохтонні й алохтонні. Перші утворюються в самому озері в результаті відкладення на дні продуктів руйнування берегів і залишків відмерлих організмів. Другі приносяться річками (мул, пісок, гравій, галька, валуни), вітром (пісок, пил) та іншими агентами. Алохтонні ґрунти характерні для прибережної зони озер, автохтонні – для субліторалі й особливо – профундалі. Кількість органічної речовини в ґрунтах озер зазвичай вища, ніж у річкових осадах. Озерні ґрунти з високим умістом органічної речовини за відсутності кисню іноді перетворюються в м'яку колоїдну масу, багату жирними, азотистими речовинами – сапропель. Болото – надмірно зволожена земельна ділянка із застоєм водним режимом, яка має шар торфу не менше 30 см. вкрита специфічною рослинністю. Заболочені землі – це надмірно зволожені ділянки земної поверхні із шаром торфу не менше 30 см. Загалом болота поділяються на дві великі групи: заболочені землі (торфові болота арктичної тундри, очеретяні та осокові болота лісостепу, засолені болота степу, заболочені тропічні ліси, тощо) і торфові болота, які за характером водно-мінерального живлення, формою поверхні та складом рослинності поділяються на три типи: низинні (мають ввігнуту або плоску поверхню із застійним характером водного режиму, розповсюджені на місцях колишніх озер або в заплавах річок, для них характерними є евтрофна рослинність – чорна вільха, береза, очерет, осока тощо), верхові (мають опуклу або плоску поверхню з інтенсивнішим накопиченням торфу у центральній частині болота ніж по краях, переважно оліготрофну рослинність – сфагновий білий мох, пухівка, журавлина, тощо), перехідні (проміжні болота між низинними і верховими з мезотрофними рослинами – береза, осока, сфагнові мохи та ін). Характерними елементами поверхні болота є пасма (витягнуті в довжину підвищені ділянки, відокремлені одне від одного мочарами), купини та між купинні зниження (накопичений торф з нерівномірною густотою рослинного покриву), внутрішньо болотні струмки, озера, мікроозера, трясовини. Нерідко болота з'являються в результаті заболочування озер, коли від берегів на їх вільній поверхні наростає рослинний килим, що лежить на воді. У болотному масиві виділяють два основних горизонти: верхній активний шар болота (шар активного водообміну з періодичним коливанням рівня ґрунтових вод, високою водопроникністю та водовіддачею, великою кількістю аеробних бактерій та мікроорганізмів що сприяють процесу торфоутворення) інертний

шар болота (постійна кількість води протягом року, повільним вологообміном із підстилаючою поверхнею, яка складена торф'яними відкладами, з відсутністю доступу повітря в пори торфу та аеробних бактерій). Термічний режим боліт залежить від клімату, водотеплових властивостей торфу та мінеральних ґрунтів. Чим більший вміст води у торфі тим більша його теплоємність і тим повільніше він нагрівається і охолоджується.

3. Найбільше значення серед водоймищ, що споруджуються людиною, мають водосховища, ставки, судноплавні й зрошувальні канали. Окрім того, існує ще багато відстійників, дренажних споруд, наповнюваних водою рисових чеків, водоймищ іригаційних систем, тощо. Водосховище – це штучна водойма, яка створена водопідпірною спорудою на водотоці для накопичення, зберігання води та регулювання стоку. Зазвичай водосховища споруджуються на річках та озерах, маючи здебільшого комплексне призначення: для отримання електроенергії, забезпечення судноплавства, зрошування земель, питного водопостачання й ін.

За способом заповнення водою водосховища можуть бути загатними (вода із власного водотоку), та наливними (вода з іншого водотоку).

За морфометричними характеристиками розрізняють: долинні (частина річкової долини) які поділяються на руслові (в межах русла та низької заплави річки) та заплавно-долинні (затоплені русла, висока заплава); улоговинні (розташовані в природних западинах і пониззях місцевості та у штучних кар'єрах).

Річкові утворюються в результаті затоплення русла та долини річки (Київське) і мають витягнуту форму, також, водороздільних просторів і межиріч (Рибінське); **озерні** водосховища виникають при підпорі озер та заповненні безстічних улоговин.

За характером накопичення й витрати води водосховища можуть бути багаторічного, сезонного, тижневого та добового регулювання.

Водосховища річного регулювання забезпечують збільшення об'єму природного стоку в маловодні роки й тому повинні мати значні розміри (уміщати в собі 20–50 % річного стоку річки). Водосховища сезонного регулювання перерозподіляють стік протягом року, накопичуючи воду під час паводків і знижують рівень у літньо-зимовий період. Тижневе й добове регулювання стоку зазвичай пов'язане зі зміною норм вироблення електроенергії в робочі та вихідні дні, у світлий і темний час доби. Об'єм водосховища поділяється на корисний, який може спрацьовуватись, і мертвий, випуски з якого неможливі.

Важливими параметрами водосховища є нормальний підпірний рівень (НПР), рівень мертвого об'єму (РМО) і форсований підпірний рівень (ФПР), допустимий на короткий час при пропуску дуже високих паводків. Улоговина річкових водосховищ у край асиметрична, оскільки повторює контури колишньої долини. Найбільші глибини спостерігаються в затопленому руслі; із просуванням від верхньої ділянки до пригребельної вони зростають. Характерна особливість

водосховищ – часті й притому значні коливання рівня, пов'язані з особливостями графіка запасання води та її витратами на зрошення, вироблення енергії й інші потреби. У зв'язку з пониженням рівня великі прибережні ділянки звільнюються від води та влітку висихають, а взимку промерзають, що супроводжується загибеллю багатьох мешканців узбережжя. Оскільки при порівняльній мілководності площа водосховища дуже велика, під час вітрів тут спостерігається сильне хвилювання та енергійне розмивання берегів. У верхній ділянці водосховища гідрологічний режим ближчий до річкового, а в нижній – до озерного. Характерним показником гідрологічного режиму є коефіцієнт водовідновлення – відношення річного стоку з водосховища до об'єму. Чим вищий коефіцієнт водообміну, тим проточніше водосховище та його режим ближчий до річкового. Виключно важливим моментом, що впливає на гідрологічні та біологічні особливості водосховищ, є врегулювання їх рівня за рахунок скидання придонних вод. Останні впродовж вегетаційного періоду відрізняються зниженими температурами, порівняно низьким умістом кисню та високою концентрацією біогенів. Внаслідок скидання цих вод у водосховищі відбувається накопичення тепла, збіднення біогенами й поліпшення кисневих умов біля дна. Одночасно це викликає пониження температури, погіршення кисневого режиму та збагачення біогенами річки нижче за греблею. Ставки – штучно створені водойми місткістю не більшою ніж 1 млн м³. Ставки споруджуються для риборозведення, водопостачання населених пунктів, поливу полів, водопою худоби й низки інших цілей. Ставки можуть бути огорожені греблями, які утворюються в результаті загачування річок і ярів; копаними, що також утворені ґрунтовими водами; наливними, наповнюваними водою через спеціальні канали з річок і струмків. У всіх випадках ставки – малі водоймища з невеликою площею водного дзеркала, що часто спускаються на зиму. Унаслідок мілководності вода в ставках сильно перемішується вітром, підняття часток ґрунту різко знижує її прозорість, обмежуючи проникнення сонячної радіації вглиб. Тому, незважаючи на мілководність, у літній час температура біля поверхні часто на декілька градусів вища, ніж біля дна. Скаламучування ґрунту різко посилює процеси взаємодії між ложем і водною товщею, збільшує надходження в неї біогенів та інших речовин із донних відкладень. Канали й водойми зрошувальної системи. Спорудження каналів відбувається для перерозподілу стоку річок, для зрошення, судноплавства, транспорту питної води та інших цілей. Оскільки вода, що транспортується каналами, може використовуватися різними споживачами, вона повинна задовольняти їх не тільки в кількісному відношенні, але й за своєю якістю. Зрошувальні системи якоюсь мірою нагадують інвертовані річкові. У річковій системі русло займає нижнє положення, а додаткові водоймища розміщуються вище. Навпаки, головний канал зрошувальної системи міститься вище за інші елементи. У головну річку впадають дрібніші, від головного каналу беруть початок відгалуження, що несуть воду споживачам. У головних частинах зрошувальних каналів вода за своїми характеристиками

близька до вихідної (річкова або інша), надалі її температура, прозорість і різні гідрохімічні показники змінюються.

4. За походженням підземні води поділяються на **грунтові** (проникаючі з поверхні землі), **ювенільні** (утворюються на великих глибинах з іонів водню та кисню і піднімаються з магматичних й метаморфічних зон), **седиментаційні** (води стародавніх морів та інших водоймищ, похоронені подальшими відкладеннями в глибоких шарах осадових порід). Серед ґрунтових розрізняють води **інфільтраційні**, (просочуються із землі на поверхню, через рихлі породи – проникаючі вниз по тріщинах і порожнечках), та **конденсаційні** – (утворюються з пари). У рідкій фазі вода представлена в ґрунтах гігроскопічною, плівковою, капілярною й гравітаційною (вільною). Вільна вода заповнює крупні капіляри та інші порожнечі в породах і таким чином на різних глибинах формуються водоносні горизонти. Кожен такий горизонт підстиляється водотривким шаром. Гравітаційні води горизонту, що залягає на першому водотривкому шарі, називаються ґрунтовими, між двома водотривкими – між пластовими. Ґрунтові води – безнапірні, міжпластові можуть бути безнапірними або напірними; напірні ґрунтові води називаються артезіанськими. До підземних вод також належать ґрунтові, що утримуються на поверхні ґрунтових частинок, і такі, що переміщуються між ними. До мінеральних підземних вод відносять ті, які пов'язані із зонами тектонічних розривів, частково відрізняються підвищеною температурою, високим умістом різних газів та іонів. Із усіх перерахованих типів підземних вод найбільше значення для гідробіонтів мають ґрунтові води.

Контрольні питання

1. Дайте визначення поняття «річки». Їх класифікація.
2. Назвіть особливості формування живого населення річкових та озерних екосистем.
3. Дайте визначення поняття «озера». Їх класифікація.
4. Гідрологічна характеристика річок.
5. Гідрологічна характеристика озер.
6. Гідрологічна характеристика боліт.
7. Гідрологічна характеристика підземних вод.
8. Гідрологічна характеристика водосховищ і ставків.

Список рекомендованої літератури

1. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 1. Підручник. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.
2. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 2. Підручник Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 612 с.

3. Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с
4. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
5. Товстик В. Ф. Рибництво. Навчальний посібник. Харків. Еспада. 2004. 272 с.
6. Хвесик М. А., Рижова К. І. Рибне господарство України (екологоекономічний аспект). Київ. РВПС України НАН України. 2004. 53 с.
7. Шарило Ю. Є., Вдовенко Н. М., Федоренко М. О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Київ. 2016. 119 с.
8. Шерман І. М. Рибництво. Київ. 2002. 192 с.
9. Шерман І. М. Ставові рибництво. Київ. 2008. 336 с.
10. Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ. Вища освіта, 2005. 351 с.

Лекція №7. Загальна характеристика гідросфери. Світовий океан

План

1. Гідросфера. Загальна характеристика.
2. Загальна характеристика Світового океану.
3. Будова земної кори під Світовим океаном та рельєф дна.
4. Солоність і деякі фізичні властивості морської води.
5. Водний баланс Світового океану.
6. Основні компоненти біосфери в океані.

Хід заняття

1. Гідросфера – це сукупність усіх поверхневих водних об'єктів Земної кулі, а також підземних вод, льодовиків та снігового покриву. До складу гідросфери входить також атмосферна вода, яка відіграє важливу роль у загальному кругообігу вод. Головними елементами гідросфери є природні та штучно створені водні об'єкти, де зосереджується вода (океан, море, озеро, річка, водосховище, ставок, болото, канал, водоносний горизонт).

На Світовий океан припадає 96,4 % усієї води гідросфери. Вода річок, озер та інших континентальних водойм становить усього близько 0,015 %. А 1,88 % води перебуває у вигляді континентального льоду, снігового покриву та в зонах вічної мерзлоти.

Гідросфера – це динамічна система, у якій постійно протікають фізичні, хімічні й біологічні процеси. Усі природні води Землі перебувають у безперервному кругообігу. Фізичною основою цього є сонячна радіація, що забезпечує нагрівання води та суші, випаровування, виникнення горизонтальних градієнтів атмосферного тиску, перенос повітряних мас в атмосфері й водних мас в океанах, концентрування вологи в атмосфері та її випадіння у вигляді дощу й снігу, стікання води до річкових русел та до океану. Така циркуляція включає океанічну й материкову складові частини.

Океанічна циркуляція – це повторюваний процес випаровування з поверхні океану, перенесення пари в атмосферу, її концентрування та випадання на поверхню океану. Материкова циркуляція включає випаровування з поверхні суші, у тому числі й із континентальних водойм, перенесення пари із суші в атмосферу, її концентрування та випадання на земну поверхню. Завдяки цьому формуються поверхневий і підземний стоки води та речовин.

Океанічна й материкова циркуляції вод пов'язані між собою та забезпечують не тільки перенесення водяної пари з океану на сушу, але й із суші в океан за рахунок поверхневого й підземного стоків. Саме кругообіг води є однією з основних властивостей гідросфери, яка полягає в єдності природних вод планети.

2. Світовий океан єдиний, хоч і сильно розчленований, площа його складає 361 млн. км², що займає $\frac{3}{4}$ площі планети. Світовий океан поділяється на чотири основні частини: Тихий (або Великий), Атлантичний, Індійський та Північний Льодовитий. Оскільки існує постійний обмін між ними, то поділ Світового океану на частини є умовним й історично змінним. В океанах, зі свого боку, виділяються частини: моря, затоки та протоки. Частини океану, що врізуються в суходіл і відокремлені від океану островами чи півостровами, а також підвищення підводного рельєфу називаються морями. Поверхня моря – акваторія.

Частина моря або океану, що глибоко врізається в суходіл, але вільно сполучається з ним, називається затокою (Перська, Мексиканська, Гудзонова, Каліфорнійська).

За властивостями, течіями, організмами, що проживають у них, затоки мало відрізняються від морів та океанів. Залежно від причин виникнення, розмірів, конфігурації й ступеня зв'язку з основною водоймою, серед заток розрізняють:

- бухта – невеликі акваторії, відокремлені береговими мисами чи островами;

- естуарій – лійкоподібні затоки, що утворюються в гирлах річок під впливом морських течій і високих припливів;

- фіорд – вузькі й глибокі затоки з високими скелястими берегами. Утворилися фіорди в результаті затоплення морем тектонічних розломів і річкових долин, оброблених льодовиком. Поширені по берегах Скандинавського півострова, Гренландії, Аляски, Нової Зеландії;

- лагуни – неглибокі затоки, відділені від моря вузькими піщаними косами й сполучені з ним протокою;

- лимани – це затоки, подібні до лагун, утворюються при затопленні морем розширених гирл рівнинних рік. Поширені по берегах Чорного та Азовського морів. Лимани в Балтійському морі й у Південній півкулі утворені в результаті дії вздовж берегових течій і прибоїв, називаються гафами;

- губа – морська затока в гирлі річки.

Протока – порівняно широкий водний простір, обмежений із двох сторін берегами материків, островів чи півостровів.

3. На дні Світового океану виділяють такі найкрупніші елементи геотектури, або планетарні морфоструктури: підводні окраїни материків, перехідна зона, ложе океану та серединно-океанічні хребти. Вони виділяються на основі корінних відмінностей у будові рельєфу твердої земної поверхні й різних типів земної кори.

Земна кора під материками й під ложем океану побудована неоднаково. Тип земної кори, характерний для материків, називається материковим.

Потужність материкової кори становить у середньому близько 35 км. Вона складається з трьох шарів. Верхній шар змінної потужності – осадовий. Нижче міститься так званий гранітний шар, утворений із порід, у яких пружні хвилі поширюються зі швидкістю близько 6 км/с. Його потужність 15–17 км. Він підстиляється базальтовим шаром, що складається з більш щільних порід (швидкість поширення пружних хвиль – 6,5–7,2 км / с). Материкова кора розповсюджена під океаном та складає всю підводну окраїну материків. Земна кора під ложем океану називається океанічною. Її потужність у середньому в п'ять разів менша від потужності материкової кори (близько 7 км). При цьому верхній шар – осадовий, товщиною близько 1 км. Пружні хвилі поширюються в ньому зі швидкістю 1,5–4,0 км / с. Його підстиляє «другий шар», товщина якого – також близько 1 км, але він складається з більш щільних порід. Ще нижче залягає базальтовий шар товщиною близько 5 км. Океанічна кора складає тільки ложе океану. Особливі типи земної кори притаманні перехідним зонам та серединно-океанічним хребтам. Підводні окраїни материків.

Шельф. Вирівняну й відносно мілководну частину морського (океанічного) дна, що прилягає до берега моря чи океану, називають шельфом. Його прорізають численні затоплені, напівпоховані донними відкладами, річкові долини. Особливий інтерес становлять широкі шельфи, що примикають до великих прибережних рівнин, у межах яких знайдені й розробляються родовища корисних копалин. Не менший практичний інтерес мають рибні багатства шельфу, оскільки більше половини рибного вилову припадає на шельфові глибини.

Материковий схил. Шельф із боку океану окреслений морфологічно вираженою межею – бровкою шельфу, за якою зразу ж починається різке збільшення крутизни схилу дна. Зона різкого збільшення глибини в межах від 100–200 і до 3000–3500 м називається материковим схилом. Характерною особливістю рельєфу є розчленованість долиноподібними формами – підводними каньйонами. Найчастіше це продовження під водою річкових долин. Гравітаційні процеси на материковому схилі становлять важливий механізм пересування осадового матеріалу із шельфу й верхньої частини схилу на великі глибини. У низці випадків спостерігається ступінчастий профіль материкового схилу. Окремі уступи материкового схилу можуть бути сильно розвиненими в ширину – крайові плато.

Материкове підніжжя – це хвиляста похила рівнина, що прилягає до основи материкового схилу й відділяє його від ложа океану. Це найбільша акумулятивна форма рельєфу дна океану. Походження цієї рівнини пов'язано з накопиченням величезних мас осадового матеріалу, що переміщується гравітаційними процесами та течіями. Особливо яскраво це проявляється в районах величезних конусів виносу турбулентних потоків, прив'язаних до гирла підводних каньйонів, зокрема тих, що розміщені поблизу гирл крупних річок із величезним твердим стоком (Ганг, Інд, Міссісіпі, Конго). Донні абісальні течії переміщують уздовж материкового підніжжя величезні маси завислого та

напівзавислого осадового матеріалу, із якого побудовані величезні донні акумулятивні форми, так звані осадові хребти (Блейк-Багамський хребет й ін.). Окрім того, великі маси осадового матеріалу випадають із водної товщі.

Перехідні зони. На більшій частині периферії Атлантичного, Індійського й усього Північного Льодовитого океану підводні окраїни материків безпосередньо контактують із ложем океану. На периферії Тихого океану, у районах Карибського моря, а також на північно-східній окраїні Індійського океану є інші, більш складні системи переходу від океану до континенту. Так, вздовж західної окраїни Тихого океану, від Берингового моря до Нової Зеландії, між підводними окраїнами материків і ложем океану лежить велика перехідна зона яка складається з: – улоговин глибоководних окраїнних морів, – обмежувальних підводних хребтів, увінчаних вулканічними островами (так званими острівними дугами), – глибоководних жолобів – вузьких, дуже глибоких депресій, до яких належать найбільші глибини океану. Моря, що відділяються острівними дугами, як правило, глибокі, нерідко дно їх нерівне, часто гористе, потужність донних відкладів у таких морях невелика. У деяких морях дно ідеально рівне, а потужність осаду перевищує 2–3 км. Острівні дуги – це підводні хребти, увінчані вулканами, багато з яких – діючі. Понад 70 % діючих вулканів належать саме острівним дугам, а найкрупніші з хребтів виступають над рівнем моря й утворюють острови (Курильські острови з їхніми діючими вулканами та ін.). Є перехідні області, де не одна, а декілька острівних дуг. Інколи різні за віком дуги зливаються одна з одною, утворюючи крупні масиви острівного суходолу. Найкрупнішим острівним масивом є Японська острівна дуга. Важливою географічною та геологічною рисою перехідної зони є, поряд з інтенсивною вулканічною діяльністю, високий ступінь сейсмічності. Тут поширені як глибокофокусні (глибина > 300 км), так і середньофокусні (50–300 км) землетруси. Серединно-океанічні хребти. Серединно-океанічні хребти виявлені зовсім недавно, у 50–60 рр. ХХ ст. Серединно-океанічні хребти – це, по суті, ціла система окремих гірських масивів, що складаються з цілої низки хребтів. Ширина такого нагір'я може досягати 1000 км, а загальна протяжність усієї системи перевищує 60 тис. км. У цілому це найграндіозніша гірська система на Землі, рівної якій за масштабами на суходолі нема. Для осьової частини системи притаманна рифтова структура, вона розбита розломами такої ж протяжності, що й хребти. Ці розломи утворюють депресії – так звані рифтові долини, які перетинаються поперечними жолобами. Здебільшого жолоби більш глибокі, ніж рифтові долини й саме тут містяться максимальні глибини в зоні серединно-океанічних хребтів. Низькогірний рельєф периферійних частин флангових зон поступово переходить у горбистий рельєф ложа океану. На серединних хребтах багато підводних вулканів. Тут виникають крупні лавові плато, до яких належать основні групи вулканів. В Атлантичному океані такими районами є Ісландія, Азорське плато, острови Тристан-да-Кунья та Гоф. Тут поширені виключно поверхневі землетруси з глибинами центрів утворення не більше 30–50 км.

Ложе океану. Рельєф ложа океану характеризується поєднанням обширних улоговин розділених підняттями. Дно улоговин відрізняється майже повсюдним поширенням горбистого рельєфу або ж рельєфу абісальних пагорбів. Майже повсюди абісальні пагорби вкриті шаром донних відкладів. Там, де осади вкривають суцільним шаром нерівності корінного ложа, утворюються плоскі абісальні рівнини. Вони трапляються досить рідко й займають не більше 8 % площі дна улоговин. Над дном улоговин височіють підводні гори – гори або вершини на підводних хребтах, що стоять окремо. Підводні гори, як і абісальні пагорби, мають переважно вулканічне походження. Деякі з них настільки високі, що виступають над рівнем моря та утворюють вулканічні острови. Місцями в межах ложа океану виявляються долини, інколи довжиною в декілька тисяч кілометрів. Ложе океану асейсмічне й тут, зазвичай, не буває землетрусів. Однак у деяких хребтах і навіть окремих горах інколи проявляється сучасний вулканізм (Гавайський хребет та ін.). Найхарактернішою рисою рельєфу й тектоніки ложа океану є зони океанічних розломів (наприклад зони розломів у східній частині Тихого океану).

5. Морська вода – найпоширеніша речовина на поверхні Землі, дуже складний хімічний розчин, у якому є близько 60 компонентів, причому їх співвідношення відрізняється значною постійністю. Сумарний уміст твердих розчинених речовин в 1 кг морської води, виражається у проміле (‰) та називається солоністю води. Тільки 13 елементів таблиці Менделєєва (Cl, S, C, Sr, Na, K, Mg, Br, B, Si, F, Rb, N) міститься у воді в кількості більше 0,1 мг/л. Виділяється дуже великий уміст окремих компонентів (Cl – 19 500 мг/л, Na – 10 833, Mg – 1 311, S – 910 мг/л). Окрім мінеральних елементів, у морській воді наявна також органічна речовина – близько 2 мг/л. Солоність – достатньо стабільна характеристика вод океану, середня солоність Світового океану коливається від 32 до 37 ‰ – на поверхні, від 34 до 35 ‰ – у придонних шарах води. Солоність і температура води визначають щільність води. Середня щільність морської води – більше одиниці, найвища – характерна для поверхневого шару в тропіках і придонних вод на великих глибинах. За теплоємністю вода поступається тільки рідкому аміаку та водню. Завдяки високій теплоємності вона довго зберігає свої температурні характеристики. А оскільки температура найбільшої щільності солоної води нижча нуля, конвекційний процес безмежний, відбувається широкий обмін газами й розчиненими речовинами між поверхневими та глибинними водами.

6. Щорічно з поверхні океану випаровується 505 тис. км³ води. Прибуткову частину балансу складають атмосферні опади – 458 тис. км³ і річковий стік із материків – 47 тис. км³, а також підземний стік. При загальному об'ємі

гідросфери, близькому до 1420 млн км³, лише дуже невелика частина (близько 0,04 %) бере участь у кругообігу води, але й цього достатньо, щоб здійснювати величезний вплив на всі фізико-географічні процеси на планеті. У геологічному минулому рівень Світового океану багаторазово змінювався. Це знайшло своє відображення в трансгресивних та регресивних серіях відкладів, залишених океаном на материках. Багаторічні спостереження за рівнем океану (близько 200 років) показують, що рівень Світового океану щорічно підвищується, причому в минулому столітті швидкість підйому його рівня становив близько 1,2 мм / рік, є незбалансованість бюджету прибутку й видатку води в океані.

7. Хід температури повітря над океаном відрізняється значно меншими амплітудами температур, ніж над суходолом. Добові зміни температури води на більшості поверхні океану складає 0,5–1°C, річна амплітуда – декілька градусів (5–10°C, залежно від широти). Найбільш теплі води – в екваторіальній зоні, де максимальні річні температури – 26–28°C. У цілому екваторіальні та тропічні води чітко окреслюються ізотермою 25°C і лише східні окраїни Атлантичного й Тихого океанів виділяються більш низькими температурами. Середня температура води океану – 17,5°C. Найтеплішим є Тихий океан (19,4°C), найхолоднішим – Північний Льодовитий (–0,75°C). Східні райони океанів в екваторіально-тропічній зоні холодніші від західних, а в помірному поясі в Атлантиці – навпаки, більш тепла вода в східній окраїні. Із глибиною температура води знижується, причому на деякій глибині (від 100 до 700 м) виразно виділяється шар із дуже різким градієнтом температур, так званий головний термоклін. Нижче від головного термокліну температура води знижується дуже повільно, досягаючи в придонних шарах 1–2,5°C, а в арктичних і приантарктичних водах – від –0,2°C до –1,3°C. Льодовий режим Світового океану визначається тим, що на більшій частині його поверхні температура води протягом усього року вище точки замерзання солоної води, тому кригоутворення можливе лише в полярних широтах. У помірних широтах сезонний льодовий покрив є лише в небагатьох, переважно мілководних морях. В Антарктиці характерне розповсюдження шельфових льодовиків, при відламуванні краю яких утворюються айсберги. В Арктиці утворення айсбергів пов'язане з відламуванням країв вивідних льодовиків. Завдяки величезній масі й великій теплоємності води айсберги можуть зберігатися дуже довго та здатні досягати в Північній півкулі – 50°, а в Південній – навіть 30° широти.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте рельєф дна Світового океану.
2. Яка будова земної кори під Світовим океаном?
3. Охарактеризуйте підводні окраїни материків та шельф.
4. Охарактеризуйте материковий схил та материкове підніжжя.
5. Дайте характеристику перехідних зон океану.

6. Назвіть серединно-океанічні хребти.

Список рекомендованої літератури

1. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 1. Підручник. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.
2. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 2. Підручник Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 612 с.
3. Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с
4. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
5. Товстик В. Ф. Рибництво. Навчальний посібник. Харків. Еспада. 2004. 272 с.
6. Хвесик М.А., Рижова К.І. Рибне господарство України (екологоекономічний аспект). Київ. РВПС України НАН України. 2004. 53 с.
7. Шарило Ю.Є., Вдовенко Н.М., Федоренко М.О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Київ. 2016. 119 с.
8. Шерман І. М. Рибництво. Київ. 2002. 192 с.
9. Шерман І. М. Ставове рибництво. Київ. 2008. 336 с.
10. Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ. Вища освіта, 2005. 351 с.

Лекція №8. Поверхнева циркуляція вод Світового океану

План

1. Поняття поверхневої циркуляції вод.
2. Хвильові рухи в океані.
3. Вертикальне переміщення поверхневих вод в океані.
4. Поняття про водні біомаси Світового океану.
5. Основні компоненти біосфери в океані.
6. Біогеографічні області Світового океану.

Хід заняття

1. Поверхнева циркуляція вод визначається загальними законами циркуляції атмосфери, які, зі свого боку, обумовлені обертанням Землі навколо своєї осі. У зв'язку з цим виникли так звані постійні течії Світового океану.

Пасатна атмосферна циркуляція викликає в обох півкулях у субекваторіальних зонах утворення пасатних течій, що перетинають океан зі сходу на захід. При підході пасатної течії до суходолу вона розгалужується. Гілки, що спрямовуються на південь у Північній півкулі й на північ у Південній, живлять екваторіальні течії, які, на протилежність пасатним, спрямовані із заходу на схід. Гілка північної пасатної течії, що прямує на північ, живить самостійну течію, яка також поступово під дією сили Коріоліса та західних потоків повітря перетворюється в течію, що перетинає океан із заходу на схід (наприклад Північноатлантична течія). У Південній півкулі південна гілка утворюється при роздвоєнні пасатної течії й формує потік теплих вод, спрямованих на південь. Ще південніше, у поясі суцільного водного простору, що оперізує Землю в межах 40–50° південної широти, під дією притаманної цим широтам західної повітряної циркуляції виникає потужна трансокеанічна течія Західних Вітрів, яка поблизу закінчень південних материків утворює відгалуження у вигляді холодних течій – Перуанської, Бенгельської та Західноавстралійської. У цілому течії створюють систему кругообігів циклонічного й антициклонічного характеру, що закономірно з півночі на південь змінюють один одного. Розподіл течій на поверхні океану обумовлюють в одних зонах збігання потоків, а в інших – розбігання. Перші називаються зонами конвергенції, другі – зонами дивергенції. У зонах конвергенції створюється надлишок води, який викликає занурення вод на глибину. У зонах же дивергенції розбігання поверхневих потоків створює сприятливі умови для висхідних рухів глибинних вод. Ці зони підймання глибинних вод на поверхню називаються зонами апвелінгу, а сам процес – апвелінгом. Зони апвелінгу виникають також у результаті дії потужних згінних вітрів, які систематично видаляють прогріті поверхневі води й створюють умови для підймання холодних глибинних вод.

2. Серед різноманітних рухів, яким підпорядкована водна товща океану, важливе місце займають хвильові рухи, а серед них – вітрове хвилювання та припливновідпливні рухи. Під впливом повітряних потоків на поверхневому шарі морської води виникають коливальні хвильові рухи. Це і є вітрове хвилювання. Інтенсивність хвильового руху оцінюється енергією хвиль, яка перебуває в прямій квадратичній залежності від висоти хвилі. Чим сильніший вітер, тим значніше хвилювання. У відкритому морі хвилювання може бути уподібнене руху часток за круговими замкнутими орбітами, особливо тоді, коли вітер уже стих, а коливальний рух води ще продовжується, але в більш упорядкованому вигляді. Такі хвилі називаються хвилями брижів, або просто брижами. Інтенсивність хвилювання визначається інтенсивністю вітру. Зони дії пасатів характеризуються помірним вітровим хвилюванням, але і в них досить широко представлені хвилі брижів, джерелами яких є сильні вітрові хвилювання зон західної повітряної циркуляції. Екваторіальна зона відрізняється найбільш слабким вітровим хвилюванням. Періодичні припливно-відпливні рухи води в океані, обумовлені силами тяжіння Місяця та Сонця, також являють собою хвильові рухи. Ці хвилі дуже великої довжини й великого періоду. Залежно від низки умов у різних районах узбережжя Світового океану відзначаються напівдобові та добові припливи.

Головними чинниками перемішування океанічних вод є хвилі, припливно-відпливні рухи, постійні течії, а також чинник 26 щільності води. Щільна холодна вода та вода з підвищеною солоністю мають тенденцію до опускання на глибину. При цьому вони витісняють глибинні води а ті починають підійматися догори. Води опускаються також у зонах конвергенції та здіймаються в зонах дивергенції. Апвелінгу сприяє й ефект вітрового згону поверхневих вод. У збагаченні поверхневих вод тропіків біогенними елементами більше значення має підйом холодних вод, багатих мінеральними сполуками, із глибин 100–300 м. Апвелінг утворюється і біля берегів, і у відкритому океані. Температура поверхневих вод у районах його дії на 6–8°C нижча. Найбільш потужні прибережні апвелінги існують біля берегів Каліфорнії, Перу, Північно-Західної й Південно-Західної Африки. Океанічний апвелінг виникає на межі течій зустрічних напрямів. В Атлантиці межа океанічного апвелінгу тягнеться від 6–5° пд. ш. до 7–8° пн ш. Опускання поверхневих вод на глибину, а також підйом глибинних вод на поверхню океану має величезне значення. При зануренні поверхневих вод забезпечується аерація глибинних шарів водної товщі. Це сприяє розвитку життя в океані на будь-якій глибині. Разом із тим аерація обумовлює розвиток окислювальних процесів на дні океану. Підйом глибинних вод обумовлює притік біогенних речовин до поверхні, стимулюючи пишній розквіт життя в зоні апвелінгу. При опусканні сильно вихолоджених арктичних та особливо антарктичних вод утворюється система донних течій, які відіграють важливу роль у переносі осадових, побудові акумулятивних форм рельєфу на великих глибинах, а інколи в ерозії дна. Ці ж води формують донні водні маси в океані.

Горизонтальне й вертикальне перемішування – це основний механізм перерозподілу в океані температури та солоності.

3. У динаміці вод і житті океану величезна роль належить вертикальній циркуляції. Головними чинниками перемішування океанічних вод є хвилі, припливно-відпливні рухи, постійні течії, а також чинник щільності води. Щільна холодна вода та вода з підвищеною солоністю мають тенденцію до опускання на глибину. При цьому вони витісняють глибинні води а ті починають підійматися догори. Води опускаються також у зонах конвергенції та здіймаються в зонах дивергенції. Апвелінгу сприяє й ефект вітрового згону поверхневих вод. У збагаченні поверхневих вод тропіків біогенними елементами більше значення має підйом холодних вод, багатих мінеральними сполуками, із глибин 100–300 м. Апвелінг утворюється і біля берегів, і у відкритому океані. Температура поверхневих вод у районах його дії на 6–8°C нижча. Найбільш потужні прибережні апвелінги існують біля берегів Каліфорнії, Перу, Північно-Західної й Південно-Західної Африки. Океанічний апвелінг виникає на межі течій зустрічних напрямів. В Атлантиці межа океанічного апвелінгу тягнеться від 6–5° пд. ш. до 7–8° пн ш. Опускання поверхневих вод на глибину, а також підйом глибинних вод на поверхню океану має величезне значення. При зануренні поверхневих вод забезпечується аерація глибинних шарів водної товщі. Це сприяє розвитку життя в океані на будь-якій глибині. Разом із тим аерація обумовлює розвиток окислювальних процесів на дні океану. Підйом глибинних вод обумовлює притік біогенних речовин до поверхні, стимулюючи пишній розквіт життя в зоні апвелінгу. При опусканні сильно вихолоджених арктичних та особливо антарктичних вод утворюється система донних течій, які відіграють важливу роль у переносі осадових, побудові акумулятивних форм рельєфу на великих глибинах, а інколи в ерозії дна. Ці ж води формують донні водні маси в океані. Горизонтальне й вертикальне перемішування – це основний механізм перерозподілу в океані температури та солоності.

4. У результаті динамічних процесів, що протікають у товщі океанічних вод, устанавлюється більш-менш усталена стратифікація, відбувається відокремлення так званих водних мас. Водна маса – це води, що відрізняються притаманними тільки їм консервативними властивостями (температура, щільність, солоність), які вони отримали в певних районах земної кулі та які зберігаються в межах усього простору, який вони займають. Водні маси Світового океану поділяються на поверхневі, проміжні, глибинні й придонні. Основні типи водних мас діляться на підтипи. Так, поверхневі водні маси діляться на екваторіальні (Е), тропічні (ПнТ і ПдТ), помірні (ПнП та ПдП) субарктичні (СбАр), субантарктичні (СбАн), арктичні (Ар), антарктичні (Ан). Поверхневі водні маси найбільш мінливі за своїми характеристиками й найбільш

рухливі, тому що постійно перебувають у контакті з атмосферою. Товщина шару поверхневих водних мас коливається в межах 200–250 м [9; 15]. Проміжні маси відзначаються в полярних областях підвищеною температурою, а в помірних і тропічних широтах – зниженою або підвищеною солоністю. Нижня їхня межа коливається між глибинами 1000 – 2000 м. У них також виділяється низка підтипів. Основна частина проміжних вод формується через трансформацію поверхневих вод, що опускаються в зоні субполярної конвергенції. Вони переміщуються з меншими швидкостями, ніж поверхневі води, і переважно в напрямку від субполярних областей до екватора. Глибинні водні маси утворюються у високих широтах в результаті перемішування поверхневих і проміжних водних мас та їх охолодження на шельфах. Через низьку температуру вони дуже щільні, тому сповзають по шельфу, потім – по материковому схилу й розтікаються в улоговинах у напрямку екватора. Нижня межа глибинних вод лежить на глибині 4 – 4,5 тис. м. Температури глибинних вод – 3–5 °С, солоність – до 35 ‰. Придонні водні маси відрізняються найбільш низькими температурами й найбільшою щільністю. Вони утворюються за рахунок подальшого опускання глибинних вод і переважно завдяки охолодженню вод на шельфах Арктики та Антарктики. Ці води мають значні горизонтальні пересування, утворюючи на дні систему донних абісальних течій, загальний напрямок яких здебільшого контролюється рельєфом дна. Динаміка вод океану – найважливіша умова, яка забезпечує розвиток життя й визначає геологічні процеси в океані.

5. **Океан** – це середовище існування різноманітних організмів. В океані проживає близько 150 тис. видів тварин і 15 тис. видів рослин, особливо багато одноклітинних організмів, зокрема одноклітинних водоростей, які складають до 80 % усієї фітомаси океану. Ще недавно багатство й велика чисельність органічного світу в океані різко переоцінювалися. За сучасними даними на частку океану припадає близько 40 % первинної продукції та не більше 0,5 % усієї біомаси планети. В океані виділяється дві області життя: пелагіаль – поверхня й товща вод морів та океанів, а також бенталь – дно океану [9; 15]. У пелагіалі найбільш населена верхня 50-метрова товща води, але й тут життя поширюється нерівномірно. Ближче до берега воно незрівнянно багатше, ніж у відкритому океані. У бенталі також більша частина життя зосереджена на малих приберегових глибинах. На 7,6 % площі океану, що лежить на глибинах менше 200 м, зосереджено 59 % усієї біомаси океану. На ту частину океану, що має глибини від 200 до 3000 м (16,5 % площі), припадає 31,1 % біомаси, а на глибини понад 3 тис. м (75,9 % площі океану) – тільки 9,5 %. Найбільшу насиченість життям мають прибережні води, а також субполярні води в обох півкулях. Підвищеною кількістю первинної продукції характеризуються пригирлові ділянки океанів, а також зони апвелінгу: Біскайська затока, райони Канарської, Перуанської, Бенгальської течій, райони зародження пасатів, вітрів сорокових широт Південної півкулі, область мусонної циркуляції в північній частині Індійського океану. В помірних широтах у процесах збагачення поверхневої

водної товщі біогенними елементами велике значення мають сезонні зміни температури повітря й води. Зимові холодні води з початку прогрівання поступово опускаються на глибину, викликаючи, зі свого боку, підйом глибинних вод на поверхню. Цей процес забезпечує розквіт життя, наприклад, у північних районах Атлантичного океану, в таких класичних рибпромислових районах, як Ньюфаундлендська банка, Норвезьке море, пригренландські води й ін. Ділянки сталого опускання вод в області конвергенції бідні на життя. Мала первинна продукція також і в тропічних водах відкритого океану.

6. Океан за особливостями органічного світу ділиться на біогеографічні області. Відсутність різких кордонів, нездоланих перешкод і поступовість зміни життєвих умов на поверхні Світового океану сприяє тому, що ці області значною мірою збігаються з певними фізико-географічними зонами або включають навіть декілька зон. Біогеографічні області океану – це дуже великі акваторіальні одиниці, які виходять далеко за межі поняття «область» у його звичайному географічному розумінні. У Світовому океані виділяються такі біогеографічні області: Арктична, Північно-Тихоокеанська, Північно-Атлантична, Тропічно-Індотихоокеанська, Тропічно-Атлантична та Антарктична. Кожна з них, зі свого боку, поділяється на літоральну (прибережну) та пелагіальну підобласті. Обширна Антарктична область за природними умовами подібна до Арктичної у своїй південній частині (циркумполярна Антарктична підобласть). Серед риб найбільш характерні нототенієві. Із ссавців ендемічні південний і малий кити та деякі види ластоногих. Північно-Атлантична й Північно-Тихоокеанська (або Бореальні) області відповідають субарктичним і помірним умовам температур повітря та води. Рослинний і тваринний світ більш багатий, порівняно з Арктичною й Антарктичною областями. Продуктивність його дуже висока, тут зосереджені найважливіші райони рибного промислу. Із риб для Північно-Атлантичної області найбільш характерні тріска, пікша, сайда, різні камбалові, губан, кефаль, султанка. Типові крупні ракоподібні – омари, лангусти, креветки. Із ссавців є тюлені, а з птахів – чайки, кайри, гагари, чистикові. У Північно-Тихоокеанській області найпоширенішими є лососеві риби, далекосхідна сардина, а з безхребетних – камчатський краб. Характерні ссавці – морський котик, сивуч, калан, китоподібні, серед птахів найпоширеніші різноманітні чистикові. Тропічно-Атлантична й Тропічно-Індотихоокеанська області мають схожі природні умови, обумовлені їх екваторіально-тропічним положенням, постійно теплими водами, гарним освітленням. У цих областях найбільше проявляється різна щільність населеності прибережних вод пелагіалі, особливо тих її частин, де панує антициклональна циркуляція, яка зумовлює опускання вод. Щільність населення тут менша, ніж у бореальних областях, але видовий склад більш різноманітний. Із риб характерні різні акуліві, скати, летючі риби, зрослощелепні (їжак-риба), тунці тощо. Тільки в межах цих областей поширені колоніальні корали, що складають цілком специфічні літоральні біоценози. Особливо характерні вони для Індотихоокеанської області. Із ссавців у Тропіко-

Індотихоокеанській області специфічні – малий кашалот, дельфінові, у Тропіко-Атлантичній – ламантини, серед птахів – фаєтони й фрегати. Арктична область характеризується постійно низькою температурою води, крижаним покривом, відносно малою солоністю. Склад фауни та флори бідний, продуктивність організмів невелика. Лише влітку біля крижаного узбережжя розвивається рясний фітопланктон; відповідно, виникають умови й для розвитку зоопланктону та інших тварин. Нині тут багато різних видів риби, з'являються тюлені, китоподібні, моржі, білі ведмеді. Центральна частина Арктичної області завжди покрита кригою та найбільш бідна за видовим складом і біомасою.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте рельєф дна Світового океану.
2. Яка будова земної кори під Світовим океаном?
3. Охарактеризуйте підводні окраїни материків та шельф.
4. Охарактеризуйте материковий схил та материкове підніжжя.
5. Дайте характеристику перехідних зон океану.
6. Назвіть серединно-океанічні хребти.
7. Охарактеризуйте ложе океану.
8. Поняття «солоність» та інші важливі фізичні властивості морської води.
9. Водний баланс Світового океану.
10. Термічний режим океану.
11. Поверхнева циркуляція Світового океану.
12. Хвильові рухи в океані.
13. Назвіть типи водних мас.
14. Які основні компоненти біосфери в океані?
15. Охарактеризуйте біогеографічні області Світового океану.

Список рекомендованої літератури

1. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 1. Підручник. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.
2. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 2. Підручник Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 612 с.
3. Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с
4. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
5. Товстик В. Ф. Рибництво. Навчальний посібник. Харків. Еспада. 2004. 272 с.
6. Хвесик М.А., Рижова К.І. Рибне господарство України (екологоекономічний аспект). Київ. РВПС України НАН України. 2004. 53 с.

- 7.Шарило Ю.Є., Вдовенко Н.М., Федоренко М.О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Київ. 2016. 119 с.
- 8.Шерман І. М. Рибництво. Київ. 2002. 192 с.
- 9.Шерман І. М. Ставові рибництво. Київ. 2008. 336 с.
- 10.Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ. Вища освіта, 2005. 351 с.

Лекція №9. Водна екосистема як складова гідробіосфери

План

1. Водна екосистема як складова гідробіосфери.
2. Чисельність та біомаса популяцій гідробіонтів.
3. Регуляція чисельності популяції.
4. Інформаційно-функціональні зв'язки в популяціях гідробіонтів.
5. Щільність популяції гідробіонтів.

Хід заняття

1. Гідробіосфера – одна із складових компонентів біосфери, розташована у межах водної оболонки Землі. Без сумніву, вважаємо, що структурно-функціональними елементами її є водні екосистеми. Водна екосистема – це історично сформований комплекс живих істот (гідробіонтів), пов'язаних між собою трофічними зв'язками, та неживих компонентів водного середовища їх існування, які залучаються в процесі обміну речовин і енергії. Дамо інше визначення цього поняття. Водна екосистема – екологічна система водного об'єкта, в якій нерозривно поєднуються завдяки обміну речовин та енергії неживе середовище (абіотичні компоненти) та біота (біотичні компоненти). До водних екосистем відносимо море, річку, озеро, водосховище, ставок, канал. У водній екосистемі нерозривно поєднуються неживе середовище (абіотичні компоненти – вода, донні відкладення та фізико-хімічні чинники водного середовища) та біота, що включає багатокomпонентний комплекс угруповань, сформованих з популяцій рослин, тварин і мікроорганізмів. Для оцінки стану водних екосистем важливу інформацію дає характеристика біоти за трофічними (особливості утилізації речовин й енергії), систематичними (таксономічна спорідненість видів та груп організмів) та топічними (приуроченість до біотопів) ознаками.

Структура біоти є відображенням функціонального стану водних екосистем і в той же час визначає цей стан. Вона впливає на процеси трансформації речовин і потоку енергії, формування якості води та біологічну продуктивність водойм. Розглянемо водні екосистеми на надорганізмених рівнях: популяційному, біоценотичному та екосистемному.

2. Популяція гідробіонтів – це сукупність деякої кількості особин одного виду, які заселяють певну частину акваторії. Вона має екологічну, просторову, статеву, вікову, динамічну структуру, біомасу та міжорганізменні відносини. Основні параметри популяції – чисельність і біомаса. Чисельність популяції гідробіонтів – кількість екземплярів одного виду, що припадає на одиницю об'єму водної маси

або поверхні води чи дна та виражається кількістю особин на 1 дм^3 , 1 м^3 або 1 м^2 .

Чисельність – змінна величина, оскільки популяції гідробіонтів у водному середовищі розміщуються вкрай нерівномірно й динамічно в часі. На розміщення в просторі планктонних популяцій впливають течії, коливання рівня води, зміна температури, освітленість, прозорість та каламутність водних мас, погодні умови, поширення заростей макрофітів і багато інших чинників. Просторове розміщення бентонтів зумовлюється рельєфом донного ґрунту, його замуленістю, структурою донних відкладень й іншими особливостями дна водойм як життєвого середовища. Динаміка та зміна чисельності популяції в часі зумовлені власними життєвими циклами, упродовж яких популяції змінюють біотопи, мігруючи з одних частин акваторії в інші, а в річках і каналах та інших дотичних екосистемах виносяться з верхніх ділянок у нижні. Отже, чисельність популяції – відносна величина, яка для одного біотопу змінюється впродовж навіть короткого часу в досить широких межах. Біомаса популяції гідробіонтів – це сума індивідуальних мас усіх її співчленів угруповання (фітопланктону, зоопланктону, фітомікробентосу чи зообентосу), що входять до його складу. Вона визначається як добуток чисельності на біомасу представників кожного окремого виду й виражається для планктону в міліграмах на кубічний дециметр води ($\text{мг} / \text{дм}^3$) або в грамах на кубічний метр чи на одиницю площі водного дзеркала ($\text{г} / \text{м}^2$). Біомаса бентосу та окремих популяцій і біоценозу загалом розраховується на 1 м^2 площі дна, також вона може бути виражена у ($\text{г} / \text{кг}$). Наприклад, біомаса перифітону на вищих водяних рослинах, а при дослідженні великих водойм – на 1 га ($\text{кг} / \text{га}$). Біомаса популяції гідробіонтів, як і чисельність, змінюється в часі й просторі. Вона має відносне значення, указуючи на провідну чи другорядну роль цієї популяції в складі співугруповання. Для визначення чисельності та біомаси гідробіонтів використовуються методи кількісного обліку, завдяки яким визначаються провідні види (домінанти, або лідери), субдомінанти, проміжні види (адомінанти) й другорядні (аутсайтери) у структурі біоценозів і показується відносна роль кожної популяції в угрупованні.

3. Основним кількісним параметром популяції гідробіонтів є число особин та їх біомаса незалежно від площі (або об'єму води), яку вона займає. Прямої залежності між чисельністю й біомасою не існує: біомаса популяції, складеної з великої кількості дрібніших форм, може бути значно меншою, ніж популяція – із малочисленних, але більших за розмірами особин. Популяції одного виду, які мешкають у різних екологічних умовах, можуть істотно відрізнитися як за чисельністю, так і за біомасою. У великих водоймах трапляються численніші групи популяцій зі стійким генофондом, що забезпечує широкі можливості адаптації до змін умов середовища. За наявності екстремальних умов у невеликій водоймі малочисленні групи популяції повністю зникають, натомість у значно більшій за розміром водоймі зберігається частина популяції, яка поступово відновлює свою чисельність. Одним із механізмів регуляції чисельності

популяції гідробіонтів є конкуренція, унаслідок якої кількість особин скорочується. Проблема мінімальної життєздатності популяції, тобто визначення найменшої чисельності особин, яка б гарантувала їх існування протягом досить тривалого часу, є важливою. Зниження чисельності особин нижче певного рівня несе в собі небезпеку кінцевого витіснення такої нечисленної популяції іншими. Потрібно зауважити, що кожна популяція входить до складу угруповань гідробіоценозів, а їх стабільне існування можливе лише за умови певних кількісних співвідношень усіх його компонентів. Динаміка чисельності популяцій визначається основними показниками – народжуваністю та смертністю. Проте між ними існує кореляція на видовому рівні. Так, у гідробіонтів, яких знищують численні хижаки, мало шансів пройти через усі стадії їхнього розвитку – від народження й до фізіологічно обумовленого періоду смерті, тому в них еволюційно закріпилася висока плодючість. Наприклад, самиці комара-пискуна впродовж весняно-літнього сезону відтворюють до трьох поколінь від 200 до 300 особин у кожному. Місяць-риба відкладає до 300 млн пелагічних ікринок, більшість яких видається тваринами багатьох видів. Натомість акули відкладають за сезон розмноження лише кілька яєць, укритих міцною оболонкою, що зберігаються до самого виходу з них личинок. Отже, видові параметри плодючості відображають середній рівень смертності, який характерний для кожного виду впродовж тривалого часу. У процесі еволюції гідробіонтів чітко сформувалися закономірності регуляції чисельності популяцій, де спостерігається зв'язок ендогенних й екзогенних складників адаптації популяції до змін умов середовища. Серед екологічних чинників, таких як температура води, солоність, світловий період, можуть істотно змінювати не тільки спрямованість метаболічних процесів, а й характер розмноження гідробіонтів. У багатьох безхребетних може відбуватися перехід від безстатевого розмноження до статевого. При статевому розмноженні плодючість, як правило, знижується, натомість підвищується життєстійкість нащадків. На зміну таких умов середовища, як тривалість світлового періоду або солоність води, коловертки та інші безхребетні реагують зміною характеру розмноження, що слід розглядати як екологічну адаптацію. Залежно від умов середовища співвідношення статей у популяціях при двостатевому розмноженні можуть бути різні. За сприятливих температурних умов і достатнього забезпечення кормом у популяціях безхребетних розмноження відбувається лише партеногенетично, тобто без участі самців – (ациклічно). Якщо за рік у безхребетних популяцій відбувається партеногенетичне й статеве розмноження, воно називається моноциклічним. У випадку, коли впродовж року одна самиця відкладає при статевому розмноженні кілька кладок яйцеклітин, розмноження називають поліциклічним. У пересихаючих водоймах відтворення популяцій відбувається переважно статевим способом. Наприклад, за сприятливих умов у середовищі коловертки та деякі ракоподібні розмножуються партеногенетично, тобто без участі самців. При дефіциті корму або за несприятливих умов середовища в популяції з'являються самці й популяція переходить до статевого розмноження.

Цей спосіб менш продуктивний і стримує розвиток популяції внаслідок відсутності кормової бази. Якщо ж партеногенетичні самиці відкладають яйця, із яких виходять знову самиці, то й далі продовжується партеногенез. Із появою несприятливих умов середовища з'являються так звані «міктичні» самиці, що відкладають яйця, із яких виходять самці, або яйця, які тривалий час можуть перебувати в неактивному стані. У результаті чисельність популяції не збільшується. Це один зі шляхів регуляції чисельності популяції. Він притаманний для гіллястовусих ракоподібних із родів «дафнія», «церіодафнія», «моїна» та більшості інших, а також для коловерток. У природних умовах статеве й партеногенетичне розмноження гідробіонтів цих популяцій може відбуватись одночасно або чергуватися залежно від забезпеченості кормами та зміни інших умов середовища. При погіршенні умов середовища переважає статеве розмноження й ріст популяції призупиняється. Одним зі шляхів регуляції чисельності прісноводних ракоподібних є фільтраційний тип живлення. Ракоподібні не здатні відокремлювати органічні частинки від неорганічних і заковтують їх залежно від розміру. Тому підвищення каламутності води може призвести до надходження в травну систему раків неорганічних речовин, які різко порушують процес травлення, унаслідок чого популяція втрачає здатність до відтворення. При хімічному забрудненні фільтратори накопичують отруйні речовини, зменшується їхня плодючість і, зрештою, вони гинуть від отруєння. Отже, ракоподібні є індикаторами чистоти водойм. Вплив умов середовища, зокрема солоності води, на плодючість проявляється в зяброногих ракоподібних: артемії партеногенетики, що може проживати у високомінералізованих водах (до 200 ‰). Так, плодючість артемії залежить від коливань солоності води. При солоності 115 ‰ у водоймі виявляється до 72 % самиць, які виношують яйця або ембріони. При збільшенні солоності до 140 ‰ таких самиць залишається лише 49 %, а зі збільшенням солоності до 180 ‰ – не більше 15 %. Отже, популяції гідробіонтів самі регулюють свою чисельність і тим самим адаптуються до змін умов середовища через репродуктивні процеси. Збільшення популяції відбувається завдяки народжуваності та міграції з інших місць. Мігруючі організми, що поповнюють популяцію того ж виду, – явище досить поширене, причому найлегше адаптуються до такого переходу – мальки мігрантів. Стабільна популяція формується при збалансованому співвідношенні народжуваності й смертності. Динаміка чисельності популяції засвідчує тісний зв'язок особливостей біології виду та умов його середовища. Вона є інтегральним показником ефективності всіх форм взаємодії виду з абіотичними чинниками середовища.

4. Популяція як біологічна система надорганізного рівня виконує різноманітні функції, які відбуваються в складних динамічних умовах середовища, зберігаючи свою самобутність у часі й просторі. Цілісність популяції та її самобутність у водному середовищі поруч із численними

організмами інших популяцій можна зберегти завдяки функціональним відносинам між окремими організмами однієї популяції.

Отже, популяція гідробіонтів – це така просторова сукупність особин, які тісно пов'язані між собою функціональними та інформаційними взаємозв'язками. Відносини між окремими організмами в популяціях здійснюються через візуальні, звукові, вібротактильні та метаболічні контакти. Важливу роль у такому спілкуванні відіграють хімічні речовини – феромони, що утворюються в організмі гідробіонтів, виділяються у воду й виконують сигнальну функцію. Завдяки їх розчинності у воді, вони швидко поширюються на значні відстані, сигналізуючи про статевий або міграційний стан особин. Феромони виділяють такі гідробіонти, як риби, ракоподібні, олігохети тощо. Так, самці риб завдяки феромонам підходять до місць нересту самиць і поливають ікру молоком. Специфічну роль феромони відіграють і під час утворення міграційних скупчень риб, баянусів та інших гідробіонтів. Також існують феромони й з іншими властивостями, що забезпечують внутрішньопопуляційні відносини. Крім синальної функції, у відносинах між гідробіонтами популяції значну роль відіграють інформаційні контакти про місце перебування окремих особин або їх груп. Добре відоме таке явище, як світіння багатощетинкових морських поліхет палоло. У період дозрівання статевих продуктів у самиць поліхет розвиваються світільні органи, а в самців значно загострюється зір. Ці зміни в організмі пов'язуються із фазами Місяця та морськими припливами. Тому в цей період самиці спливають ближче до поверхні, унаслідок чого поверхня моря освітлюється й це служить сигналом для самців. Інформаційні контакти в гідробіонтів також можуть здійснюватися за допомогою генерації електричних розрядів у риб або посилення ультразвукових сигналів у дельфінів. У безхребетних добре розвинуті системи контактів, пов'язані з відчуттям механічних коливань води. Варто зауважити, що гідробіонти володіють різноманітними механізмами попередження про небезпеку – це так звані звукові та зорові сигнали, які своєчасно інформують, наприклад, про наближення хижаків, що викликає реакцію переляку. Спілкування гідробіонтів у межах однієї популяції **здійснюється двома шляхами:**

- 1) через знаходження інформації про окремі особини або їхні групи;
- 2) спадково закріплений стереотип поведінки, який стимулює їх до пошуку й підтримання контактів.

Уся сукупність сигналів, які подаються організмами однієї популяції гідробіонтів, називається сигнальним полем. Завдяки йому організми шукають контакту один з одним у популяціях. Наприклад, виметування ікри рибами здійснюється переважно в тих місцях, де риби того ж виду вже відклали ікру. Рухливі личинки морського жолудя (Баянус) осідають найчастіше в місцях морського дна, де вже оселилися подібні їм організми. Завдяки такому притяганню формуються колонії одновидових організмів, створюється загальна просторова структура популяції. Такі внутрішньопопуляційні угруповання організмів, які перебувають у найближчому сусідстві й безпосередньо пов'язані між собою певними формами сигналів,

можна розглядати як елементарну структурну одиницю популяції. У зв'язку з тим, що популяція може займати досить значний ареал, а окремі її організми можуть перебувати на досить великій відстані, тому саме внутрішньопопуляційні групи забезпечують стійкість популяції загалом.

5. Параметр щільності популяції гідробіонтів у її розвитку може мати як позитивне, так і негативне значення. У гідробіонтів, які ведуть поодиноким (відокремлений) спосіб життя, збільшення чисельності негативно впливає на їх розвиток, натомість зграйні риби та інші гідробіонти краще себе почувають у співтоваристві із собі подібними. Вони легше забезпечують себе кормом і менше витрачають енергії на його пошуки, перебуваючи в зграї. Наприклад, рибак-жовтокрилка в акваріумі не виявляє пошукової активності щодо корму й упродовж кількох днів може зовсім не їсти. У співтоваристві 10 рибок їхня активність різко зростає і вони поїдають упродовж доби від 400 до 600 мг корму. Гольяни, омулі та деякі інші зграйні риби за високої щільності популяції є більш активними в пошуках корму. Збільшення щільності популяції гідробіонтів, які ведуть зграйний спосіб життя, дає позитивні результати тільки в межах певного фізіологічного оптимуму, який характерний для кожного виду.

Перенаселення, навпаки, негативно впливає на стан популяції. Отже, між щільністю популяції й природними умовами середовища повинна бути узгодженість. Популяція може мати генетично закріплену високу відтворювальну здатність, але її зростання стримується відсутністю достатніх кормових ресурсів. Для оцінки узгодженості цих чинників уведено спеціальний термін ємність середовища. Він характеризує швидкість відновлення необхідних ресурсів для виявлення потенційних можливостей популяції – утворення нею продукції впродовж певного проміжку часу. Цей показник може істотно відрізнитися в окремих групах організмів однієї популяції, які перебувають у дещо відмінних умовах середовища. Наприклад, розвиток коловерток у водоймі може не відповідати потенційним можливостям виду та абіотичним умовам середовища лише тому, що в нього було вселено велику кількість риб, які інтенсивно виїдали цих безхребетних. Ємність середовища – це фактично його потенційні ресурсні можливості для відтворення біологічної продукції. Відтворювальними вони називаються тому, що при вилученні з водойм певної кількості організмів популяція має відновлюватися за рахунок розмноження тих особин, які залишились. Установлення відтворювальних можливостей популяції є важливим показником для науково обґрунтованого планування промислового лову риб та інших гідробіонтів. На відновлення біологічних ресурсів впливає не тільки інтенсивність їх вилучення, а й погіршення екологічних умов середовища. На зменшення чисельності популяції гідробіонтів також впливають метаболіти – речовини їхньої життєдіяльності, що потрапляють у водне середовище. Їх концентрації, досягаючи критичного рівня, різко гальмують розвиток популяції. Значна їх частина може навіть загинути. Установлено, що шкіра видів риб, таких

як миньок, балтійська мінога, виділяє речовини пептидної природи, що пригнічують активність ферментів, пов'язаних із репродуктивним процесом. Під час збільшення щільності короїв у акваріумах без підсилення проточності води спостерігалось спадання активності дихальних ферментів, зменшення тканинного вмісту макроергічних фосфорильованих сполук і швидкості їх росту. При досягненні певної щільності в культурі дафній, моїн та інших ракоподібних призупинявся їх подальший розвиток і популяція починала знижувати свою чисельність. Отже, це також один із механізмів регуляції чисельності популяції в природних умовах.

Контрольні питання

1. Дайте визначення популяції гідробіонтів.
2. Що таке чисельність популяції? Назвіть механізми її регуляції.
3. Що таке біомаса популяції гідробіонтів? Назвіть методи її обчислення.
4. Якими основними показниками визначається динаміка чисельності популяцій?
5. Охарактеризувати інформаційно-функціональні зв'язки в популяціях гідробіонтів.
6. Як здійснюється спілкування гідробіонтів у межах однієї популяції?
7. Що таке щільність популяції гідробіонтів?
8. Як ви розумієте ємність середовища?

Список рекомендованої літератури

1. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 1. Підручник. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.
2. Андрющенко А.І. Рибництво. Том 2. Підручник Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 612 с.
3. Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с
4. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
5. Товстик В. Ф. Рибництво. Навчальний посібник. Харків. Еспада. 2004. 272 с.
6. Хвесик М.А., Рижова К.І. Рибне господарство України (екологоекономічний аспект). Київ. РВПС України НАН України. 2004. 53 с.
7. Шарило Ю.Є., Вдовенко Н.М., Федоренко М.О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Київ. 2016. 119 с.
8. Шерман І. М. Рибництво. Київ. 2002. 192 с.
9. Шерман І. М. Ставове рибництво. Київ. 2008. 336 с.
10. Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ. Вища освіта, 2005. 351 с.

Лекція №10. Гідробіоценоз як складова частина водної екосистеми

План

1. Компоненти та функціонування гідробіоценозу.
2. Видова структура гідробіоценозу.
3. Гідробіоценози перехідних екологічних зон (екотопів).
4. Міжпопуляційні відносини в гідробіоценозах.

Хід заняття

1. Гідробіоценоз – структурно-функціональна частина водної екосистеми, до складу якої входять популяції різних видів систематичних груп рослин, тварин, мікроорганізмів, взаємопов'язаних між собою та акватопом, що його заселяють.

Гідробіоценози, на відміну від популяцій, складених з особин одного виду, угруповання гідробіонтів різних систематичних груп. Їх об'єднує не тільки належність до певної акваторії, а протікання метаболічних процесів, представлених, передусім, трофічними взаємозв'язками впродовж тривалого часу. Для гідробіонтів середовище їх існування є одночасно і їхнім внутрішнім середовищем, із якого вони отримують кисень, біогенні елементи та в яке виділяють продукти життєдіяльності (екзометаболіти). Між гідробіонтом і розчиненими у воді речовинами постійно здійснюється метаболічний зв'язок. Саме він і визначає цілісний характер гідробіоценозу.

Отже, термін «гідробіоценоз» відображає міжпопуляційні взаємозв'язки гідробіонтів різних трофічних рівнів в умовах водного середовища. Сама назва визначає, що гідробіоценоз об'єднує три складові частини такої системи: «гідро» (водне середовище), «біо» (біота) і «ценоз» (угруповання). Кожна екосистема, в т. ч. і водна, складається з двох основних компонента: абіотичний та біотичний.

До складу абіотичної частини входять такі компоненти:

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

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

- ***продуценти*** (від лат. producentis – той, що виробляє, створює) – популяції автотрофних організмів, здатних синтезувати органічні – сполуки з неорганічних (водорості, зелені джгутикові, вищі рослини);
- ***консументи*** (від лат. consumo –

споживаю) – популяції гетеротрофних організмів, які споживають інші організми або мертву органічну речовину (фітофаги, хижаки, паразити, сапротрофи);
– *редуценти* (від лат. *reducens* – той, що повертає, відновлює) – популяції організмів, які живляться органічною речовиною залишків чи продуктів життєдіяльності організмів, розкладаючи її до простих неорганічних сполук (гриби, бактерії, тварини-детритофаги).

Функціонування гідробіоценозу пов'язане з перетворенням енергії. Енергія гідробіонтами витрачається на процеси росту, розмноження, рухову активність тощо. Гідробіоценози є відкритими системами. Вони потребують постійного надходження речовин й енергії ззовні. Основним джерелом цієї енергії є сонячне світло, яке фотосинтезуючі організми вловлюють і перетворюють на енергію хімічну синтезованих органічних речовин. При цьому лише близько 1% світлової енергії, що падає на рослину, переходить в потенціальну енергію органічних речовин. Решта розсіюється у вигляді тепла. Коли тварини з'їдають рослини, то більша частина енергії, що міститься в кормах, витрачається на різні процеси життєдіяльності, перетворюючись при цьому на тепло і розсіюючись. Лише 1/10 енергії кормів переходить у новозбудовану речовину тіла тварин. Те саме спостерігається при поїданні травоядних тварин хижаками. Отже, в природі не існує такого виду організмів, який би не був пов'язаний з іншим. Живлячись за рахунок інших істот, організми отримують енергію. Внаслідок цього у природі виникають ланцюги живлення.

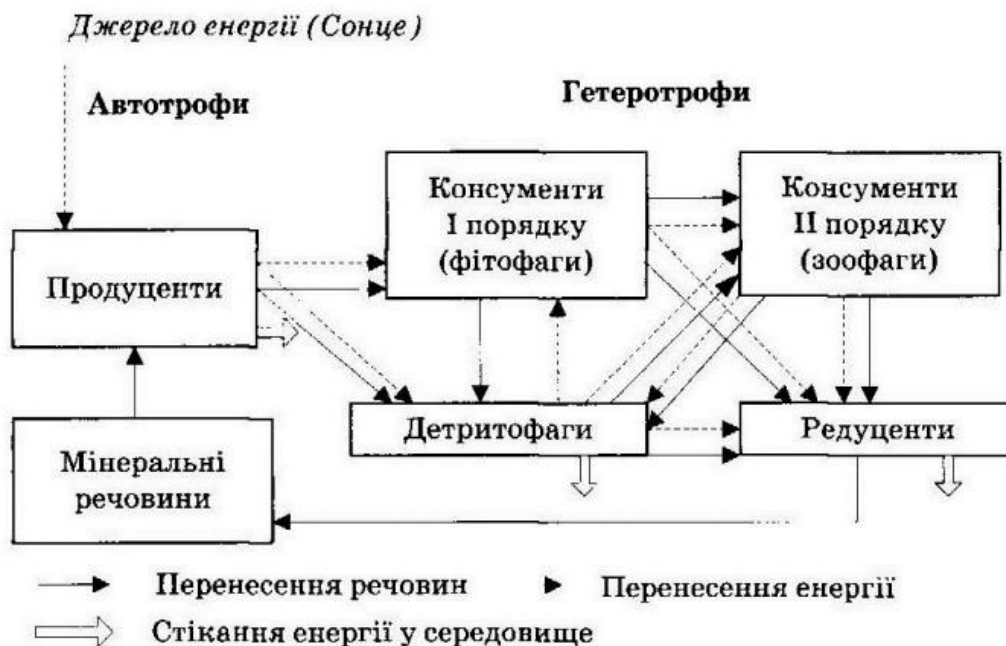
2. Трофічні ланцюги в гідробіоценозі забезпечують автотрофні (продуценти) та гетеротрофні (консументи) організми. Перші з них (фітопланктон, вищі водні рослини) створюють органічну речовину, так звану первинну продукцію, яка стає джерелом живлення організмів інших трофічних рівнів. Другі (зоопланктон, деякі види риб) є споживачами перших.

Консументи, зі свого боку, поділяються на первинні – рослиноїдні тварини (фітофаги) та вторинні – хижаки (зоофаги), які споживають первинних (мал.2). У трофічному ланцюзі встановлюються складні взаємини між продуцентами й консументами.

Гідробіонти, використовуючи спільний життєвий простір, постійно впливають на нього. Варто зауважити, що гідробіоценоз може розглядатися як жива надорганізмена біологічна система тоді, коли всі її елементи будуть входити в єдиний взаємопов'язаний трофічний ланцюг кругообігу речовин й енергії. У водному середовищі існує два типи трофічних ланцюги: випасний та детритний (розкладання).

Основу першого становлять водорості, потім рослиноїдні тварини, які поїдають водорості (консументи I порядку – зоопланктон, риби-фітофаги), потім риби – споживачі зоопланктону (консументи II порядку), далі хижаки (консументи III порядку). Другий тип ланцюга починається від напіврозкладеної маси (детриту) рослинних і тваринних залишків в результаті життєдіяльності

сапротрофних організмів-редуцентів (бактерій, грибів, мікроорганізмів тощо). У будь-якому гідробіоценозі різні ланцюги живлення не існують окремо один від одного, а взаємопереплетені, тому що один і той самий вид одночасно може бути ланкою різних ланцюгів живлення. Ланцюги живлення, що переплітаються формують трофічну мережу. Її існування забезпечує стійкість гідробіоценозу, оскільки якщо змінюється чисельність популяцій певних видів, то легко змінюються кормові об'єкти і сумарна продуктивність біоценозу залишається сталою.



Мал.2. Схема функціональної структури гідробіоценозу

Унаслідок наявності таких ланцюгів живлення речовина й енергія у водному середовищі передаються в певній послідовності.

Частина органічних і мінеральних речовин під впливом сонячної енергії бере участь у своєрідному кругообігу:

сонячна енергія + абіотичні чинники (мінеральні речовини) → первинна біологічна продукція й консументи → бактеріальне розкладання відмерлої продукції й консументів → мінеральні речовини.

Залежно від кількості елементів, що входять до складу гідробіоценозу, визначається його наповненість та складність, структурованість й упорядкованість. Завдяки багатокомпонентності та багатофункціональності гідробіоценозів, вони функціонують як єдина система, підпорядкована специфічним закономірностям.

3. Гідробіоценози складаються з організмів різних видів, які в умовах конкретних біотопів утворюють окремі популяції.

Кількісне та якісне співвідношення різних популяцій формують видову структуру гідробіоценозу.

До складу структури можуть входити організми, які перебувають у ньому тимчасово. Структурними елементами гідробіоценозів є всі компоненти біоти (мікроорганізми, водорості, вищі водяні рослини, безхребетні, риби, хребетні тварини).

Видова структура гідробіоценозу оцінює значення окремих видів організмів у функціонуванні водної екосистеми. Не всі співчлени гідробіоценозу відіграють однакову роль. Одні з них є домінантами, що представлені значною кількістю особин і великою біомасою. Інші – субдомінанти – у функціонуванні екосистеми відіграють меншу роль. Також виділяються особини, що відіграють другорядну роль – другорядні, або адомінанти та випадкові особини, що випадково віднесені до гідробіоценозу.

Співвідношення окремих видів популяцій та їх домінуюча роль у трансформації речовин й енергії визначаються чисельністю, біомасою та витратами енергії на обмін речовин. Кожен гідробіоценоз має свої, притаманні лише йому особливості, свою структуру домінантних форм гідробіонтів й енергію їх метаболізму. Тому роль окремих видів як домінантів оцінюється не тільки кількісним показником особин, а й трансформацією енергії. Отже, серед домінантних видів у гідробіоценозах виділяються види– едифікатори, тобто такі, які в процесі своєї життєдіяльності найбільше впливають на стан водного середовища й на інших членів гідробіоценозу. Так, наприклад, масовий розвиток моллюска дрейсени, утворюючи багаторушні обростання, істотно змінює умови середовища для інших гідробіонтів, які розвиваються на розмежуванні фаз вода твердий субстрат. Охарактеризувати гідробіоценози можна за такими поняттями, як видове різноманіття та коефіцієнт видової спільності, або видової подібності гідробіоценозів. Видове різноманіття гідробіоценозу – це кількісне співвідношення окремих видів гідробіонтів, які входять до його складу. Водні екосистеми з низьким біотичним різноманіттям, що живуть за рахунок легкодоступної зовнішньої енергії, можуть бути досить стійкими в часі й способі протистояння зовнішнім негативним чинникам, якщо надходження поживних речовин і зовні зберігається на достатньому рівні впродовж тривалого часу. У цьому випадку навіть гідробіоценози з низьким показником видового різноманіття можуть бути оптимальними. За сприятливих умов середовища чисельність видів гідробіоценозів зростає, однак у кількісному відношенні кожен із видів представлений меншою кількістю особин. І, навпаки, у несприятливих умовах зменшується видове різноманіття, проте чисельність кожної популяції вища. Видове різноманіття гідробіоценозів залежить від часу їх існування. Видів особин гідробіоценозів, що давно сформували водні екосистеми, значно більше, ніж молодих. Наприклад, у штучно створених водоймах-накопичувачах і рибних ставках після їх спуску більшість гідробіонтів гине, а після заповнення водою процес відновлення видового складу та чисельності популяцій відбувається досить повільно. Для оцінки ступеня видової подібності гідробіоценозів

використовують коефіцієнт видової спільності, або видової подібності, який показує відсоткове відношення числа спільних видів до загальної кількості видів.

Отже, чим більше видове різноманіття гідробіоценозу, тим він стійкіший до змін умов середовища.

4. Течії відіграють вагомий роль у функціонуванні водних екосистем, зокрема в обміні між окремими ділянками біотопу, перерозподілі тепла, кисню, переміщенні гідробіонтів, розбавленні забруднюючих речовин, які надходять зі стічними водами тощо. З течіями також пов'язано переформування берегів, замулення окремих ділянок річкового русла та дна водойми. Залежно від переважання того чи іншого типу течій у водному об'єкті формується певна структура біоценозів. Власне розрізняють біоценози річкові, що складаються з реофільних видів, і озерні, до складу яких входять лімнофільні організми. Реофільні організми – це гідробіонти, що пристосувались до життя в проточних водоймах. Вони здатні протистояти сильній течії, мають добре розвинені органи кріплення, закопується в донні ґрунти, ховаються в спеціальних притулках-будиночках, що збудовані ними або добре плавають. До реофільних гідробіонтів відносяться губки, моховатки, личинки деяких комах, деякі види моллюсків, ракоподібних і риб. Озерні біоценози формуються з лімнофільних організмів, що пристосувались до існування в стоячій водоймі. Гідробіонти, що входять до складу цих біоценозів, можуть ширяти в товщі води (лімнопланктон), активно пересуватись в ній (лімnoneктон) або жити на дні водойми (лімnobентос). Лімнофільні гідробіонти, на відміну від реофільних, менш вибагливі до концентрації розчиненого кисню у воді. З макрофітів у стоячих водоймах найбільше зустрічаються занурені, плаваючі й напівзанурені рослини. У річках виникають стічні течії, в результаті нахилу водної поверхні, які є постійними. Вони є швидкими в гірських річках і повільними – в рівнинних. Стічні течії у водосховищах (зокрема, дніпровських) залежать від режиму роботи гідроелектростанцій. Найбільша швидкість стічних течій співпадає з максимальним денним навантаженням на гідроелектростанції. Вітрові течії зумовлені переміщенням верхнього шару води під впливом вітру, який може змінювати нахил водної поверхні. Наганяння водних мас відбувається у напрямі вітру. До вітрових течій відносяться дрейфові та компенсаційні. Останні виникають в глибинних або придонних шарах води. Дрейфові течії утворюються у поверхневому шарі води та пов'язані безпосередньо з її переміщенням у водних об'єктах під впливом вітру.

Унаслідок дії сили тяжіння у водоймах відбувається вертикальне конвективне перемішування водних мас – важчих шарів води з більш легкими. Це зумовлено різною густиною водних шарів, що залежить від температурного, сольового та вітрового чинників. У результаті конвективних процесів в озерах, водосховищах і ставках відбувається досить швидко перемішування холодних і теплих вод ранньою весною – після танення криги та восени – при її утворенні.

З конвективним перемішуванням пов'язані процеси самоочищення водних екосистем, перенесення поживних речовин та екзометаболітів. Припливні течії – це течії, що виникають у морях та океанах внаслідок сили тяжіння Місяця та Сонця. Останні зумовлюють періодичні коливання рівня моря, що поширюються з відкритого океану в затоки, естуарії та гирлові ділянки річок, де відбувається змішування річкових і морських вод. Під час відпливу деякі з гідробіонтів можуть закопуватись у донний ґрунт, інші (наприклад, молюски) – закривати стулки і в такому стані знаходитися до його закінчення.

5. Між гідробіоценозами завжди існує перехідна зона. Її розмір становить від кількох метрів до декількох сотень метрів. Перехід від одного гідробіоценозу до іншого може бути повільним або різким. Основні біоценози морів і континентальних водойм. Межу між ектопами гідробіоценозів при переході один від одного провести не можливо, бо біота кожної водойми є цілісною системою. Так, наприклад, біотоп пелагічних співтовариств виділяється завдяки існуванню рухомих тварин, вертикальними й горизонтальними міграціями гідробіонтів, уходженням особин однієї популяції в різні біоценози, нечіткою вираженістю меж між окремими водними масами. Натомість для виявлення в межах усієї водойми найбільш крупних співтовариств і тих, із яких вони самі складаються, керуються біотопічним, географічним й іншими принципами. Згідно з принципом виділення гідробіоценозів, що використовуються, вони називаються або за біотопічною ознакою (біоценози скель, піску, літоралі тощо), біономічною – за домінуючими видами або життєвими формами (наприклад біоценоз мангрових чагарників, сестонофагів тощо), або географічним районом (наприклад центральний баренцевоморський, східний баренцевоморський тощо). Біоценози Світового океану. Функціонально повноправні біоценози існують у Світовому океані на шельфі та в епіпелагіалі. На глибинах океану у зв'язку з відсутністю фотосинтетиків, населення представлено функціонально неповноправними біоценозами, що існують за рахунок надходження алохтонної органіки. Біоценози найбільших глибин океану внаслідок виникнення труднощів у їх вивченні ще слабо досліджені. Біоценози шельфу. Прибережні райони Світового океану вирізняються надзвичайною строкатістю умов середовища та, відповідно, у край складним біоценотичним розчленуванням, що є характерним для літоралі. Структура біоценозів визначається характером ґрунтів, хвилями, особливостями водних і повітряних мас. На відкритих океанічних мілководдях із піщаним або дрібнокам'янистим ґрунтом існують лише прикріплені та ті організми, що зариваються або дуже рухомі. Присутність скель створює сховища від штормових хвиль, зумовлюючи таким чином підвищення видової різноманітності населення й появи біоценозів різко іншого складу. Напівзакриті та закриті прибережні райони характеризуються біоценозами, багатшими у видому різноманітті, ніж у прибіжній зоні, де відсутні притулки. Як правило, у шельфових біоценозах спостерігається різке домінування за чисельністю й біомасою одного або небагатьох видів. Ці домінуючі організми стають

найважливішим елементом біотопу для інших гідробіонтів, надаючи їм, зокрема, притулки та їжу, завдяки чому видова різноманітність і біомаса біоценозів різко зростають. Наприклад, на устричних і мідієвих банках, у чагарниках ламінарієвих і фукусових водоростей трапляється до ста й більше представників макробентосу з біомасою до 20–30 кг/м² і більше. Отже, чим менше видів має домінуючий біоценоз шельфу, тим вищі його видова різноманітність і біомаса. Для більшості рослин спостерігається «живонародження», коли насіння проростає на дереві, проростки якого мають добре розвинене коріння, що падає у воду та вкорінюється в ґрунті. Серед коріння чагарників містяться численні нори крабів. Інфауна внаслідок насичення мулу сірководнем практично відсутня. Відмерле листя мангрів відіграє важливу роль у трофічних ланцюгах співтовариства гідробіоценозів. На мілководдях теплих морів поширені коралові споруди, що складаються з мадрепорових коралів та вапнякових червоних водоростей (литотамнії), які утворюють так звані берегові, бар'єрні рифи й атоли. Перші прилягають безпосередньо до берега, створюючи широкі мілководні тераси. Бар'єрні рифи складаються з коралових гряд, що простягаються на деяку відстань від берегової лінії й відокремлені від неї лагуною. Атоли – коралові острови з лагуною всередині. Коралові рифи є високопродуктивною, добре збалансованою екосистемою із сильнорозвиненими симбіотичними зв'язками. Коралові рифи дають притулок численним ракоподібним, голкошкірим, червам. Зграї яскраво забарвлених риб «пасуться» на водоростях і коралах, харчуються сестоном. Глибше тримаються акули й мурени. Уночі активні лангусти та інші ракоподібні, безхребетні, що вдень ховаються в міжгір'ях. Загалом коралова екосистема вирізняється високим ступенем збалансованості.

Співвідношення дихання й фотосинтезу в цьому виключно продуктивному співтоваристві близьке до 1, тобто воно перебуває в стані, дуже близькому до зрівноваженого.

Біоценози літоралі характеризуються великою різноманітністю видів. Цьому сприяє наявність твердих ґрунтів літоралі, а з іншого боку – великі можливості отримання їжі для нерухомих тварин, що пов'язано з високою концентрацією їжі у воді та її значною рухомістю (припливно-відпливні явища), завдяки чому забезпечується транспорт харчових частинок до ловецьких органів нерухомих тварин. Більшість бентосних організмів літоралі харчується детритом, який міститься в придонному шарі води, на ґрунті й усередині нього. Зокрема, на опуклих елементах рельєфу, що розмиваються водою, детрит переважно перебуває в завислому стані. На рівних поверхнях він сконцентровується в ґрунті, а в западинах – усередині нього. У зонах, де багато завислого детриту, переважно живуть так звані сестинофаги. Там, де він скупчується на поверхні, – організми, що збирають корм на ґрунті. У місцях підвищеного вмісту детриту в ґрунті – організми, що харчуються пропусканням ґрунту через кишківник. Отже, у морі ділянкам із різними умовами накопичення осадів відповідають райони поширення біоценозів одного трофічно типу, що називаються трофічними зонами. У чергуванні трофічних зон є певна послідовність, яку схематично

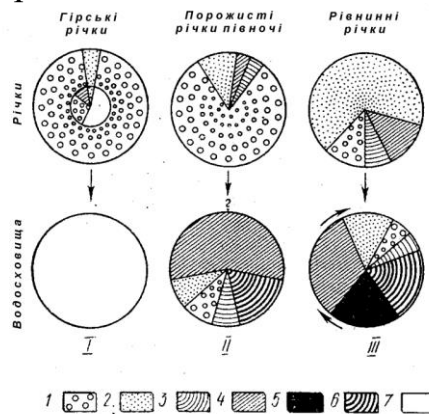
можна виразити таким чином. На кам'янистому узбережж найбільш виразною є фауна нерухомих сестонофагів. За нею розміщується зона з перевагою тварин, що збирають детрит на ґрунті, а ще глибше – зона, заселена переважно ґрунтоїдами. Окраїнні та внутрішні моря характеризуються послабленою гідродинамікою, що створює придатні умови для розвитку сестинофагів, які значно відмінні від особливостей ложа океану. Це зумовлено тим, що органічна суспензія перебуває в завислому стані й переважають процеси її акумуляції. Дно океану заселене детритофагами, які використовують суспензію як корм. Отже, у Світовому океані виділено вузькі шельфи з динамічно активними водами та широкі – із послабленою гідродинамікою вод. Згідно з вищезазначеним, на широких шельфах окраїнних морів або всередині їх спостерігається зона накопичення мулистих відкладень, а на вузьких шельфах, що переходять у зону ложа океану, – звужена, або зрушена на нижні горизонти схилу, або відсутня зовсім. Основні біоценози пелагіалі. Пелагіаль Світового океану складається зокремих водних мас, що розрізняються між собою як за походженням, так і за гідрологічними характеристиками (розподіл температури за глибиною, солоність тощо). Кожна водна маса, що існує тривалий час, є біотопом, у єдності з яким може існувати тільки певне співтовариство. Населення пелагіалі складається з невеликої кількості біоценозів, оскільки у відкритому океані стійко існують тільки ті водні маси, які містяться в межах великомасштабних кругообігів; інші кругообіги, що виникають періодично, не можуть забезпечити формування й існування біоценозів через свою нестійкість і бути біотопом. До великомасштабних кругообігів належать ті, які за свою довжину мають межі берегів океанів. У ширину вони лежать симетрично по обидві сторони від екватора. В Атлантичному й Тихому океанах розрізняють два тропічних, два субполярних і два полярних кругообіги. В Індійському океані є відповідні південні кругообіги. Окремі великомасштабні кругообіги здійснюються в різних кліматичних зонах, і тому водні маси, які вони переносять, істотно відрізняються одна від одної за температурою, солоністю й іншими гідрологічними характеристиками, що зумовлюють біотопічну специфіку цих водних мас. Області великомасштабних кругообігів не змішуються між собою й розділяються більш-менш широкими нейтральними водами, у межах яких можливе існування власних стійких круговоротів. Відповідно до цього у відкритому океані виділяється населення великомасштабних кругообігів – океанське та нейтральних вод. Крім того, існує населення однорідних глибинних вод за своїми властивостями, представлене єдиним біотопом, і різноманітне населення прибережних вод на певних ділянках, що також є самостійним біотопом. У пелагіалі Світового океану виділяються біоценози неритичної та океанічної зон. Перша зона характеризується великою кількістю гетеротопних форм, що мешкають на одних стадіях розвитку на дні, а на інших – у товщі води. Планктонні рослини часто мають зародки, які лежать на дні, а більшість тварин представлено в планктоні лише личинками. Найбільш масові форми фітопланктону стосуються діатомових водоростей і динофлагелатів.

Фітопланктон неритичних (прибережних) біоценозів у всіх широтних зонах кількісно багатший, ніж океанічних, завдяки змішуванню прибережних вод припливно-відпливними явищами. Вагоме значення для розвитку фітопланктону має винесення біогенів річковими водами у прибережні смуги. Для зоопланктону біоценозів неритичної зони характерні наявність величезної кількості пелагічних личинок бентосних організмів, висока прозорість і криптичне забарвлення його представників. Біоценози континентальних водойм. Невеликі розміри континентальних водойм, як правило, виключають значну диференціацію їхніх біоценозів. Тільки в дуже великих озерах і річках може спостерігатись істотна зміна умов, зумовлена поділом водойм на різні географічні ділянки. Разом із тим високий ступінь ізоляції континентальних водойм один від одного, своєрідність режиму в кожному з них і велика залежність від умов суходолу створюють істотні відмінності між співтовариствами гідробіонтів навіть у довколишніх водоймах. Так, наприклад, крайньою строкатістю умов існування характеризуються озера різного походження, відповідно до чого вони мають різко відмінне населення. Біоценози річок дуже різноманітні. Різноманітність визначається характером живлення, особливостями водозбірної площі, термічним і гідрохімічним режимом річки. Ще більш варіабельні біоценози різних штучних водойм, що різко відрізняються один від одного низкою окремих чинників. Одні з них, наприклад, піддаються підігріванню (скидання теплих вод), інші – сильному забрудненню, треті – осушенню й промерзанню тощо. Характерне для біоценозів континентальних водойм переважання деструкції органічних речовин над їх новоутворенням. На відміну від Світового океану, континентальні водойми отримують із суші разом із поверхневим стоком відносно більшу кількість алохтонного органічного матеріалу. За рахунок його енергії, що доповнює енергію автотрофів, у континентальних водоймах розвивається додаткова кількість консументів. У результаті біологічне розсіювання енергії в континентальних водоймах переважає над її акумуляцією Біоценози річок. Річкам із їхнім біотопічним різноманіттям відповідає значне біоценотичне розчленовування. Істотних змін, зокрема, зазнає планктон річок із просуванням із верхів'я до гирла. Якщо річка бере початок в області вічних снігів або льодовиків, планктон у її витоках майже відсутній. Приблизно те саме спостерігається у витоках річок, що беруть початок із джерел і боліт. Формування річкового планктону починається з моменту надходження його в річку з водойми додаткової системи. Крім цього, планктон починає розвиватися з різних зародків, що потрапляють у річку із суходолу. Оскільки винесення водоростей (що не чинять опір течії) відбувається відносно сильніше, ніж тварин, фітопланктон річок порівняно багатший. Із тварин, наприклад, коловертки жвавіші, ніж ракоподібні, і представлені багатше, ніж останні. Із просуванням униз за течією річки біоценози пелагіалі піддаються закономірній трансформації. Відповідно до падіння швидкості течії й освітлення води, фітопланктон рівнинних річок збагачується. Кількість першоїжі, що утворюється ними, збільшується. При цьому домінуючого значення набувають ракоподібні. Закономірна зміна

пелагічних співтовариств у річці пов'язана з чергуванням у ній плес і перекатів. У плесах, де вода освітлюється, біомаса автотрофного компонента, як у відносному, так і в абсолютному значенні, зростає, натомість у гетеротрофному компоненті підвищується роль рачків-фільтраторів. Подібна картина біоценотичної зміни, спостерігається з переходом від корінного русла до приток, русел і заплав. У рівнинних річках із прозорою водою, у яких ступінь утилізації тваринами продукованої автотрофами органічної речовини далекий від максимальної, значна кількість водоростей і продуктів їх розпаду надходить на дно. Це створює сприятливі трофічні умови для існування ґрунтоїдів і детритофагів. У річках або окремих їхніх ділянках із досить каламутною водою біоценози пелагіалі у край бідні продуцентами й макроконсументами, тоді як відносна роль мікроконсументів зростає за рахунок розвитку алохтонної органіки. Диференціація біоценозів на дні річки виражена різкіше, ніж у пелагіалі. На ділянках річок із кам'янистим дном бентос представлений літореофільними біоценозами. Значну роль у них відграють продуценти, представлені мохом, колоніальною зеленою водоростю, багрянкою, бентосними діатомовими й іншими водоростями. Тварини представлені великою кількістю видів: найпростіші, олігохети, личинки комах, сумарна біомаса яких у біоценозі порівняно велика. Характерна особливість співчленів біоценозу – здатність протистояти течії та вловлювати їжу, привнесену течією. У місцях із піщаним дном під впливом течії формуються псамореофільні біоценози, оптимальні умови для них – пісок із розміром зерен від 0,25 до 1 мм. Продуценти в псамореофільних біоценозах, як правило, представлені слабо, часто – це діатомові, такі, що прикріплюються до піщинок клейкими ніжками. Біомаса консументів не дуже велика, їх видовий склад відрізняється невеликою різноманітністю й представлений формами, що пристосовані до життя в рухомому піску. Там, де ложе річок утворене глинами, виникають аргілореофільні біоценози, представники яких мешкають у норах або прикріплюються до поверхні субстрата. Аргілореофільні біоценози на біомасу та видову різноманітність порівняно бідні, поступаються лише літофільним і псамофільним співтовариствам. Продуценти в нижній течії річок відсутні, а консументи представлені детритофагами й ґрунтоїдами. Фітореофільні біоценози утворюються чагарниками водних рослин, у яких міститься велика кількість продуцентів і консументів. До перших належить більшість видів макрофітів й одноклітинних водоростей, що селяться на них, серед інших переважають ті, що мешкають на макрофітах сестонофагів. Біомаса та видова різноманітність фітореофільних біоценозів характеризуються високими показниками. Характерна межа цих біоценозів – сезонність існування (відмирання до зими макрофітів). Отже, автотрофний компонент у річкових біоценозах, зазвичай, значно поступається гетеротрофному за кількістю трансформованої енергії. Різке, іноді багатократне переважання деструкції над продукцією пов'язане з надходженням у річку алохтонної органіки з водозбірної площі. Біоценози озер. На відміну від річок, в озерах автотрофний компонент

біоценозів значною мірою представлений фітобентосом, особливо в прибережній смузі водойм, де часто утворюються могутні чагарники вищих рослин. У результаті відмирання макрофітів утворюється величезна кількість детриту, який накопичується в ґрунті літоралі, субліторалі й частково поступає в профундаль. Відповідно до цього в харчовій мережі озерних співтовариств добре виражені детритні ланцюги живлення. Висока прозорість озерної води та присутність у ній достатньої кількості біогенів забезпечують високий ступінь розвитку іншого автотрофного компонента – фітопланктону. У результаті співтовариства біоценозів озер вирізняються високою біомасою, хоча за видовою різноманітністю часто поступаються річковим. Зазвичай в озерах виділяють біоценози профундалі, що займає основну западину озера, біоценози літоралі та біоценози водної товщі озера. У профундалі відсутні вищі рослини, ґрунт мулистий і в більшості озер тут формується порівняно небагатий однорідний за видовим складом пелофільний біоценоз на великій площі. Основний компонент біоценозу – олігохети й личинки хірономід. У нижній літоралі озер найбільш поширені пелопсамофільний і фітофільний біоценози. Перший біоценоз складається з личинок хірономід, одноденок і джерельників, різноманітних моллюсків (горошинки, шарівки, беззубки, перлівниці), черв'яків, придонних рачків (хідориди, веслоногі, черепашкові). Фітофільний біоценоз нижньої літоралі включає дрібні хірономіди й олігохети, що селяться на макрофітах. У верхній літоралі формуються біоценози найрізноманітнішого складу залежно від типу озер і біотопічного розчленування узбережжя. Для всіх біоценозів відкритої частини озер характерне типове переважання деструкції над продукцією – результат надходження в кругообіг додаткової органіки алохтонного походження. Чим дрібніше озеро й, відповідно, більша його площа мілководдя, тим більшу роль відіграють біоценози літоралі, у яких продукція є вищою за деструкцію та, відповідно, підвищується трофічність усієї водойми. Біоценози водосховищ. Водосховище характеризується властивостями як озер, так і річок, для яких поширений розвиток реофільних і лімнофільних біоценозів. Перші біоценози зберігаються у верхів'ях водосховищ після зарегулювання стоку річок, другі – найбільш виражені в пригребельних ділянках. Серед реофільних співтовариств частіше за інших зберігаються пелореофільні, у менше – псамо- й літореофільні (мал.3). За своїм видовим складом і трофічною структурою вони близькі до відповідних річкових біоценозів. Характерні для водосховищ лімнофільні співтовариства значно відрізняються від озерних слабкою або майже повною відсутністю прибережних чагарників – макрофітів, що зумовлено постійним розмиванням берегів водосховищ, обсиханням обширних прибережних смуг під час літньої обробки рівня й промерзання в зимовий час. Інша відмінність лімнофільних співтовариств водосховищ від озерних полягає в меншому розвитку автотрофного компонента в товщі води внаслідок високої каламутності, зокрема в прибережних середніх ділянках. Після шторму вода на міліні стає каламутною, що не сприяє розвитку планктону. У зв'язку з цим у водосховищах практично відсутній мікрофітобентос. Тому автотрофний компонент у

біоценозах водосховищ виражений значно слабше, ніж в озерних. Натомість фітопланктон у багатьох водосховищах на рівнинних річках розвивається так бурхливо, що влітку спостерігається цвітіння води.



Мал.3. Схема формування донної фауни у водосховищах на річках різного характеру (I, II, III). Біоценози: 1 – літоральний; 2 – псамофільний; 3 – фітореофільний; 4 – пелореофільний; 5 – пелофільний; 6 – фітофільний; 7 – фауна відсутня.

6. Популяції, що входять до складу певного гідробіоценозу перебувають у постійному контакті та досить складних взаємних відносинах. Останні можна поділити на антагоністичні, позитивні та нейтральні. При антагоністичних взаємозв'язках (конкуренція, хижацтво, аменсалізм, паразитизм) кожна із взаємодіючих популяцій зазнає негативного впливу іншої. Конкуренція – це відносини між організмами популяції одного виду (внутрішньовидова), або різних (міжвидова) видів, за яких використання певного ресурсу водного середовища (корм, біотоп тощо) одними із них зменшує його доступність для інших. Форми конкурентних взаємодій можуть бути найрізноманітнішими – від прямої боротьби до опосередкованого впливу (наприклад, спільне споживання певної їжі). Найгостріше конкуренція відбувається між особинами одного виду або різних видів з подібними екологічними потребами. Існує правило конкурентного витіснення Гаузе: популяції двох видів з однаковими екологічними потребами не можуть тривалий час існувати в одному гідробіоценозі: або один вид витіснить інший, або ж їхні екологічні ніші стануть менш подібними. Більш конкурентноспроможним, як правило, є той вид, який швидше пристосується до змін навколишнього середовища. Так, в Україні останнім часом має місце витіснення широкопалого річкового раку довгопалом, який виявився витривалішим щодо зростаючого антропогенного впливу на річкові екосистеми: цей вид менш вибагливий до забруднення водойм, вмісту кисню у воді і плодючіший за широкопалого рака. Хижацтво характеризується виживанням одних організмів за рахунок поїдання інших. Воно може набувати різних форм. Особливістю хижацтва є те, що в цих стосунках один вид витрачає багато енергії і кмітливості, щоб схопити та з'їсти жертву, а інший вид – щоб

втекти. Перший і другий у процесі тривалої еволюції екологічно адаптувалися: хижак розвинув такі якості, як гострота органів чуття, блискавична реакція і швидке плавання тощо, а жертва, в свою чергу – захисне забарвлення, панцирі, шипи, голки, отруйні викиди тощо. Співвідношення особин популяції хижака і жертви, зазвичай, є таким, що забезпечує безмежно тривале співіснування видів, а отже, і біологічну регуляцію популяцій. Хижаки є санітарами популяцій, якими вони живляться, регуляторами їх чисельності. Чисельність хижаків у десятки й сотні разів менша, ніж їх жертв. При відсутності хижака відбувається різке збільшення чисельності деяких популяцій, яке часто має форму вибуху. Хижаками бувають також і рослини. Так, на вільчастих листках пухирника розміщені пухирці, які мають вхідний отвір, що закривається клапаном. Оскільки листя занурене у воду, через такий отвір у пухирці заходять личинки риб і, не маючи можливості повернутися назад, гинуть, а продукти розкладу тіла засвоюються цією рослиною. Листя іншої рослини – альдрованди пухирчастої – вкрите тонкими волосинками, під час дотику до яких листя скручується, утворюючи камеру, де ховються дрібні личинки риб та деякі безхребетні, а продукти їх розкладу засвоюються рослинами.

Аменсалізм – це одностороння негативна дія однієї популяції на іншу без будь-якої користі для себе. Аменсалізм досить широко поширений у водних рослин. Так, наприклад, щорічно біля берегів Флориди під час “червоного припливу” гинуть мільйони риб від токсичних виділень червоних водоростей. Таке явище полягає в гальмуванні росту одного виду (аменсала) продуктами виділення іншого, відоме лише у рослин і називається алелопатією. Це, по суті, відповідає поняттю прямої конкуренції, антагонізму чи антибіозу. Виділення антибіотиків та отруйних речовин є «хімічною зброєю» гідробіонтів у боротьбі за існування. Паразитизм – це форма відносин двох різних організмів, які належать до різних видів, коли один з них (паразит) живе за рахунок іншого (живителя). Він характеризується більш складним, ніж хижацтво, антагоністичним характером зв’язків. Один із видів (паразит) використовує іншого (живителя) як середовище перебування й джерело живлення, покладаючи на нього регуляцію своїх відносин із зовнішнім середовищем. Стосунки в паразитичних системах між партнерами побудовані за принципом нестійкої рівноваги, порушення якої може призвести до загибелі одного або двох партнерів. Зокрема, паразити істотно впливають на чисельність популяції живителя та можуть визначати спрямованість мікроеволюційних процесів. Уважається, що антагоністичні відносини між паразитом і живителем визначаються більш тісним, ніж при коменсалізмі, характером зв’язків. Організм живителя часто сприймає паразита як антиген, що викликає утворення антитіл та інші імунобіологічні реакції. Унаслідок цього прояви антагоністичних відносин між партнерами можуть згладжуватися. Залежно від господаря паразитів поділяють на облігатних (обов’язкових) та факультативних (необов’язкових). За розміщенням паразитів поділяють на ектопаразитів, що існують на поверхні організму живителя, та ендopазитів, що селяться у внутрішніх органах

(тканини, клітини, порожнини) живителя. Серед паразитів риб трапляються представники практично всіх класів найпростіших: джгутикових, кореніжок, споровиків та інфузорій. Джгутикові паразитують на шкірі кишівника, крові. Кореніжки поширені здебільшого в органах травної й видільної систем. Інфузорії вражають зябра та шкіру. Такі інфузорії, як хілодонела й іхтіофтиріус, часто є причиною масової загибелі мальків риб у ставкових рибних господарствах. Також поширені у водоймах (особливо у водосховищах) такі паразити, як ремнець. Цей паразит локалізується в кишівниках остаточних живителів, якими є рибоїдні птахи (першими господарями є веслоногі рачки, а проміжними – риби). У водних екосистемах паразитизм – досить поширене явище, оскільки водне середовище сприяє передачі паразитарних організмів від одного виду тварин до іншого. Відомі такі форми паразитарних відносин, коли самі паразити є живителями для інших паразитів. Так, деякі мікроспоридії паразитують у трематодах, цестодах та інших паразитах. Деякі з них викликають загибель акваріумних моллюсків, ракоподібних і риб. При позитивних взаємозв'язках (симбіоз, протокооперація, мутуалізм, коменсалізм) кожен із взаємодіючих видів дістає певну користь. Симбіоз – це тривале співіснування організмів різних видів, при якому обидва організми (симбіонти) добре пристосовуються до умов середовища. Термін запропонований А. де Барі в 1879 р. У симбіотичних екосистемах можуть виникати трофічні, просторові та інші типи відносин. При трофічних зв'язках живлення одного з партнерів відбувається за рахунок невикористаних залишків корму, продуктів травлення або тканинних рідин тіла іншого. При просторовому симбіозі один вид гідробіонтів оселяється на поверхні або всередині тіла іншого. До такого симбіозу належить також спільне використання укриття, наприклад, черепашок, нір, будиночків тощо. У симбіотичних відносинах один із партнерів певною мірою покладає на іншого (або один на одного) завдання регуляції своїх відносин із водним середовищем. За характером відносин між партнерами виділяють такі основні типи симбіозу як протокооперація, мутуалізм і коменсалізм. Протокооперація – це симбіотичні зв'язки організмів двох популяцій, при яких спільне існування не обов'язкове, але вигідне для обох видів. Наприклад, у черепашці рака самітника *Prida* оселяються черв'яки *Nereis*, які звільняють м'яке черево рака від паразитів. Мутуалізм – така форма взаємовигідного симбіозу організмів різних видів, коли жоден із партнерів не може існувати без іншого. Він розглядається як один із різновидів симбіозу. Прикладом можуть бути водорості, які живуть в організмі зеленої гідри, віддають їй до 30 % продуктів фотосинтезу. Ще більше (до 50 %) віддають органічні речовини інфузоріям (Парамеціум каудатум) зелені водорості, які в процесі свого метаболізму засвоюють вуглекислоту з тіла інфузорій. У тілі турбеларій Конвольюта постійно перебуває зелена водорість Платімонас конвольюта, за рахунок якої ця турбеларія фактично живе. Коменсалізм – форма відносин між двома видами організмів, коли один із них користується якимись перевагами іншого, не завдаючи йому безпосередньої шкоди. За такої форми співіснування коменсал використовує господаря як місце

поселення або засіб пересування, а сам виступає своєрідним санітаром, який підбирає залишки його корму або живиться іншими організмами, що живуть у тілі господаря. Так, джгутикові й амеби, проживаючи в кишківнику риб, живляться бактеріями, які в ньому містяться. Із виду олігохет хетогастер ставковий інколи оселяється в дихальній порожнині деяких двостулкових молосків, використовуючи їх як укриття. Постійними мешканцями анемонів є також невеликі за розміром і яскраво забарвлені рибки роду Амфіпріон. Вони вільно плавають серед щупалець цих кишковопорожнинних, живляться залишками їжі анемонів і навіть збирають залишки корму з їхніх щупалець. Зі свого боку, ці рибки приносять свою здобич до щупальцевих заростей анемонів, де з'їдають її, а їх залишки підбирають анемони. Якщо до щупалець анемонів наближаються інші водянні тварини, вони відразу їх схоплюють і вражають спеціальною отруйною рідиною. Прикладом коменсалізму кишковопорожнинних і риб є постійне перебування мальків пікші, тріски та інших риб під куполом великої арктичної медузи. Вони використовують її як схованку та місцезнаходження корму: об'їдають залишки корму, що прилипли до щупалець. При нейтральних взаємозв'язках існування двох популяцій різних видів на спільній території не спричиняє для кожної з них ніяких наслідків. Нейтралізм – форма співіснування популяцій двох видів, за якої жоден із них не відчуває на собі безпосереднього негативного або позитивного впливу іншого. Наприклад, хижаки, які живляться різними видами здобичі, не конкурують між собою, однак стан їх популяцій опосередковано залежить від стану популяцій рослин, якими живиться здобич.

Одна з форм відносин між популяціями у гідробіоценозі є стимуляція, завдяки якій організми одних популяцій стимулюють ріст інших. Як правило, її основою є біохімічна взаємодія між метаболітами, які виділяються організмами, що входять до різних популяцій. Наприклад, для нормального розвитку діатомових водоростей потрібен вітамін В₁₂, що виділяється в процесі життєдіяльності інктерій. Під час перебування в біоценозі бактерії й водорості створюють сприятливі умови, за яких водорості виділяють достатню кількість полісахаридів, необхідних для розвитку бактерій, а останні забезпечують їх вітаміном В₁₂. Завдяки цьому стимулюється ріст і розвиток як бактерій, так і водоростей. Отже, між популяціями різних видів, які входять до складу певного гідробіоценозу, виникають складні і різноманітні взаємозв'язки, які можуть бути більш або менш тісними. Їхня сукупність забезпечує функціонування гідробіоценозу як єдиної цілісної системи та його саморегуляцію. Чим різноманітніші й розгалуженіші ці взаємозв'язки, тим стабільніший біогеоценоз.

Контрольні питання

1. Дайте визначення гідробіоценозу.
2. Назвати типи трофічних ланцюгів живлення гідробіоценозу та організми, що їх забезпечують.

3. Що таке видова структура гідробіоценозу?
4. Яку роль відіграють домінанти, субдомінанти, адомінанти, випадкові особини у функціонуванні гідробіоценозу?
5. Що таке види-едифікатори? Наведіть приклади.
6. Як Ви розумієте видове різноманіття гідробіоценозу?
7. Із якою метою використовують індекс Шенона?
- 8.Що використовують для оцінки ступеня видової подібності гідробіоценозів?
- 9.Які індекси використовують для обчислення коефіцієнтів видової подібності гідробіоценозів?
10. Яку роль відіграють течії у формуванні гідробіоценозів?
11. Охарактеризувати біоценози шельфу.
12. Охарактеризувати біоценози літоралі.
13. Охарактеризувати біоценози пелагіалі.

Список рекомендованої літератури

- 1.Андрющенко А.І. Рибництво. Том 1. Підручник. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 410 с.
- 2.Андрющенко А.І. Рибництво. Том 2. Підручник Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 612 с.
- 3.Загальна гідрологія. Підручник / Левківський С. С., Хільчевський В. К., Ободовський О. Г. та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с
- 4.Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. Р. В. Кононенко, П. Г. Шевченко, В. М. Кондратюк, І. С. Кононенко. Київ: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
- 5.Товстик В. Ф. Рибництво. Навчальний посібник. Харків. Еспада. 2004. 272 с.
- 6.Хвесик М.А., Рижова К.І. Рибне господарство України (екологоекономічний аспект). Київ. РВПС України НАН України. 2004. 53 с.
- 7.Шарило Ю.Є., Вдовенко Н.М., Федоренко М.О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Київ. 2016. 119 с.
- 8.Шерман І. М. Рибництво. Київ. 2002. 192 с.
- 9.Шерман І. М. Ставове рибництво. Київ. 2008. 336 с.
- 10.Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ. Вища освіта, 2005. 351 с.

Лекція №11. Органічне й токсичне забруднення та його наслідки для водних екосистем

План

1. Органічні речовини та їх кругообіг у водних екосистемах.
2. Самозабруднення й самоочищення водою.
3. Токсичне забруднення та його джерела. Структура гідробіоценозів унаслідок токсичного впливу.
4. Нормування якості поверхневих вод.

Хід заняття

1. Одним із найважливіших компонентів водного середовища, що визначає його екологічну якість, є наявність у воді органічних забруднень. У процесі життєдіяльності гідробіоти виділяють у воду білки, амінокислоти, вуглеводи, сечовину, пурини, фосфати, амонійні сполуки тощо. Фактично у водному середовищі містяться всі ті органічні речовини, із яких побудовано тіло рослин і тварин. Крім того, органічні речовини надходять у водні об'єкти з атмосферними опадами, із поверхневим стоком, що формується на великих площах суходолу, із боліт, торф'яників, зрошувальних земель, промислових і комунально-побутових підприємств. Усі ці стоки привносять значну кількість різноманітних за своєю структурою й хімічним складом органічних речовин. За походженням органічні речовини поділяються на алохтонні, які надходять із площі водозбору, й автохтонні, що утворюються в самій водній екосистемі. Найбільшу масу органічної речовини створюють фітопланктон і макрофіти в процесі фотосинтезу. Значну частину автохтонної органічної речовини становить детрит, або мертва органічна речовина, яка утворюється внаслідок розкладу залишків організмів рослинного й тваринного походження, містить у т. ч. 4–5 % бактерій. До розчиненої автохтонної органічної речовини належать також продукти життєдіяльності водяних організмів, зокрема амінокислоти, органічні кислоти, сечовина тощо. Із водозбірної площі можуть надходити речовини, які вимиваються з лісового перегною, торф'яників, заболочених місць, чорноземних ґрунтів тощо: гумінові й фульвокислоти, складні високомолекулярні сполуки типу білків, полісахаридів, ненасичених жирних кислот, амінів та інших, які містяться в розчиненому, завислому та диспергованому стані. Більшість із них є субстратом для масового розвитку бактеріального населення водних екосистем. Гумінові й фульвокислоти надають воді специфічного забарвлення. Фульвокислоти є високомолекулярними сполуками ароматичного ряду, вони розчинні у воді й легко вимиваються ґрунтовими водами. Гумінові кислоти важкорозчинні у воді, характеризуються більш високим, порівняно з фульвокислотами, умістом вуглецю й азоту. Вода з великим умістом таких кислот набуває бурого або чорного кольору. Найбільш поширені в природних водах

вуглеводневі сполуки, які входять до складу всіх живих організмів. У воді морів та океанів основну масу органічних речовин становлять розчинені та колоїдні форми, які можуть проникати через фільтри з діаметром пор 0,45– 1 мкм. Органічні речовини континентальних вод, що містяться в розчиненому стані, мають розмір частинок до 0,001 мкм, у колоїдному – 0,001–0,1 мкм, а з величиною 150–200 мкм належать до завислих речовин.

Для Світового океану кількість усієї органічної речовини (живих і мертвих складових) оцінюється у $2-4 \cdot 10^{12}$ т С, із них 75 % припадає на легкозасвоєвані форми й 25 % – на важкорозчинні сполуки (переважно водний гумус). У морських екосистемах найбільша кількість органічної речовини (30–40 %) синтезується фітопланктоном. Із річковим стоком виноситься у Світовий океан приблизно $6 \cdot 10^8$ т розчиненої органічної речовини, яка осідаючи на дно морів та океанів, разом з відмерлими організмами та іншими органічними речовинами утворюють величезні поклади органічної маси, які оцінюються в $3 \cdot 10^9$ т вуглецю. Органічна речовина у водному середовищі постійно розкладається на прості органічні низькомолекулярні сполуки, які, зі свого боку, унаслідок життєдіяльності мікроорганізмів та в процесі хімічного окиснення розкладаються до кінцевих елементів (вуглецю, фосфору, азоту, води). Синтезована автотрофами органічна речовина майже повністю руйнується гетеротрофами в реакціях біохімічного окиснення. Лише незначна її частина переходить з одного стану в інший унаслідок хімічних реакцій. Розклад позаорганізмених процесів відбувається завдяки автолізу й руйнуванню відмерлих гідробіонтів, що призводить до надходження у воду високоактивних сполук – ферментів, вітамінів і навіть цілих блоків біологічних структур, які містять у своєму складі ферментні системи. При високому рівні насичення води киснем руйнування органічних речовин завершується утворенням вуглекислоти та води, а в анаеробних умовах – ще й утворенням водню й метану. У донних ґрунтах уміст Оксигену буває недостатнім, тому деструкція органічних речовин відбувається з утворенням метану, водню, сірководню та аміаку [49]. Основна роль у руйнуванні органічної речовини у водних екосистемах належить гетеротрофним мікроорганізмам. У загальній деструкції органічної речовини, що утворена фітопланктоном, припадає до 45–50 % в евтрофних водоймах і до 85 % – в оліготрофних. Вони асимілюють до 50–70 % енергії органічної речовини, із якої понад 25 % використовується для біосинтезу мікробних клітин. В евтрофних озерах бактерії засвоюють від 30 до 50 % загального вмісту органічних речовин. Особливо інтенсивно вони утилізують органічну речовину, яка утворюється в процесі фотосинтезу. Із макрофітів ними використовується до 26 % органічних речовин.

2. Сапробність (sapro – гниючий) – ступінь забруднення водних об'єктів органічними речовинами. Відповідно, розділ гідробіології, що вивчає такі забруднення, називається сапробіологією. Гідробіонти різних систематичних

груп мають неоднакову чутливість до вмісту у воді органічних речовин і продуктів їх розкладу. Можливість адаптації гідробіонтів до існування в середовищі з різним рівнем органічного забруднення зумовлюється комплексом фізіолого-біохімічних процесів, які постійно протікають у їхньому організмі. Гідробіонти, які живуть у забруднених органічними речовинами водах і беруть участь у процесах їх розкладу, називаються сапробіонтами, або сапротрофами. Вони є важливим ланцюгом у біологічному кругообігу речовини й енергії. До цієї групи належать бактерії, актиноміцети, гриби, окремі види водоростей, що здатні засвоювати органічні речовини. Серед гідробіонтів виділяється така група тварин, що може жити у воді з невисоким умістом кисню та харчуватися розчиненими органічними, гнильними залишками, екскрементами, наприклад олігохета трубочник звичайний. Видова структура угруповань гідробіонтів залежно від їх чутливості до органічного забруднення водою чітко виявляється на біоценологічному рівні. Виходячи з цього, у 1908 р. німецькі дослідники К. Кольквітц і Р. Марссон запропонували оцінювати інтенсивність забруднення водою органічними речовинами за наявністю в них представників окремих систематичних груп гідробіонтів із різним ступенем гетеротрофності та оксифільності – біоіндикатори сапробності. Вони – засновники санітарно-біологічного аналізу води, або санітарної гідробіології. За ступенем забруднення органічними речовинами водою поділяються на полі-, мезо- й олігосапробні, а гідробіонти, які в них мешкають, називаються полі-, мезо- та олігосапробами. Мешканців особливо чистих вод називають катаробами, або катаробіонтами, а особливо брудних – гіперсапробами. Ці організми є показовими щодо відповідних умов сапробності, або біоіндикаторами. Одним з основних показників при оцінці сапробності водних об'єктів чи їхніх окремих зон є кількісна характеристика наявності або відсутності у воді вільного кисню. Чим більший ступінь забруднення органічними речовинами, тим більша кількість кисню O_2 використовується на окиснення й тим менша його концентрація залишається у воді. Ступінь сапробності також визначається, передусім, за видовим складом бактеріо-, фіто- та зоопланктону, бентосу й перифітону. Полісапробні води характеризуються наявністю в них значної кількості білків, поліпептидів, вуглеводів, а також лише слідовими концентраціями кисню та накопиченням у воді діоксиду вуглецю, сірководню й метану. Для таких вод типовий відновний характер біохімічних процесів. Показник біохімічного споживання кисню (БСК5) тут становить близько $40 \text{ мг } O_2/\text{дм}^3$. У них живуть переважно гідробіонти-полісапроби, які витримують високий рівень забруднення. Серед них – бактерії *Thiorpolycoccus guser* і *Sphaerotilus natans*, сіркобактерії роду *Beggiatoa*, інфузорії *Paramecium putginum*, *Vorticella putgina*, джгутикові *Oicomonas mutabilis*, олігохети *Tubifex tubifex*, личинки мух *Eristalis tenax*. Полісапробні води формуються в річках і замкнених водоймах, у які спускаються господарсько-побутові й стічні води виробництв харчових та інших підприємств, що переробляють органічні речовини. Чисельність видів гідробіонтів, які можуть жити в таких водах, досить обмежена.

Ті ж організми, які пристосовуються до умов полісапробності, розвиваються масово, оскільки мають обмежене коло конкурентів. Полісапроби часто утворюють слизові обростання на твердих предметах. У полісапробних водах може траплятися кишкова паличка в досить значній кількості. У мезосапробних водних об'єктах забрудненість менше виражена, оскільки відсутні білки, більше кисню, значно менше діоксиду вуглецю та сірководню. Водночас у воді є слобоокиснені азотисті сполуки, зокрема аміак, аміно- та амідокислоти. У мезосапробних водах живуть організми, які витримують помірне забруднення органічними речовинами. На відміну від полісапробів, мезосапроби більш вимогливі до наявності вільного кисню у воді й продуктів розкладу білків, а саме амонію та нітратів. Залежно від рівня забруднення органічними речовинами й присутності представників окремих систематичних груп гідробіонтів мезосапробні води поділяються на α - і β -мезосапробні. Води α -мезосапробної зони характеризуються наявністю аміаку, нітритів, амідо- й амінокислот. Мінералізація органічної речовини в таких водах відбувається за рахунок аеробного окиснення, особливо за участі бактерій. Показник БСК5 становить близько 4–12 мг O_2 / дм³. Серед мезосапробних організмів трапляється багато бактерій, деякі гриби, різні види водоростей – синьо-зелені (із роду *Oscillatoria*), зелена нитчаста водорість, деякі евгленофітові; війчасті інфузорії, коловертки різних видів, ракоподібні, молюски, личинки двокрилих, олігохети та інші бентосні безхребетні. Ці організми витримують досить забруднене середовище зі значним дефіцитом кисню. У воді трапляється кишкова паличка. У β -мезосапробних водах значно менше амонійного та нітритного азоту, переважають нітрати. Сірководень виявляється лише в слідових концентраціях. Відчувається деякий дефіцит кисню у воді, але він виражений слабо. Органічні речовини мінералізуються внаслідок їх повного окиснення. БСК5 пересічно становить 1,7–4 мг O_2 /дм³. Організми-індикатори β -мезосапробних вод представлені різними водоростями (синьо-зеленими, діатомовими, зеленими тощо). Також трапляються представники найпростіших (корененіжки, джгутикові, інфузорії, коловертки), війчасті черви. Також значне поширення мають молюски, ракоподібні, губки, моховатки. У таких водоймах поширені риби (карась, короп, лин, в'юн тощо). У β -мезосапробній зоні можуть інтенсивно вегетувати вищі водяні рослини. Олігосапробні води – це води мало забруднених річок, озер, водосховищ, у яких відбувається інтенсивна мінералізація органічних речовин. У таких водних об'єктах унаслідок високої концентрації розчиненого кисню переважають окисні процеси. Зі сполук азоту більше нітратів, мало вугільної кислоти й відсутній сірководень. БСК5 не перевищує 1,6 мг O_2 / дм³, що свідчить про дуже низький уміст органічних речовин у воді. Серед олігосапробних організмів, що мешкають у чистих або слабо забруднених органічними речовинами водах, багато водоростей різних систематичних груп (діатомових і золотистих), безхребетних (коловерток), ракоподібних (дафнія), молюсків, а з риб – форелі, судака, окуня, стерляді. Серед бактерій олігосапробної зони мало сапрофітів (не більше 3 тис. екз. / см³) та організмів,

які живляться бактеріями. Катаробні води – це особливо чисті води за системою сапробності, перенасичені киснем, у яких відсутній діоксид вуглецю й сірководень. Показник БСК5 дуже низький, що свідчить про мінімальний уміст органічних речовин. Серед мешканців таких вод (зазвичай це найбільш холодні гірські річкові води) добре почувуються форель та інші гідробіонти-оксифіли.

3. Евтрофікація – це збагачення води біогенними елементами, особливо азотом і фосфором, унаслідок чого зростає первинна продукція органічної речовини завдяки фотосинтезу водоростей і вищих водяних рослин. Уміст біогенних речовин у водних екосистемах може збільшуватись унаслідок автохтонних процесів (природна евтрофікація) – розклад органічних речовин, азотфіксація та перехід у воду біогенних елементів, захоронених у донних відкладеннях – і внаслідок надходження біогенних речовин іззовні, з алохтонних джерел (антропогенна евтрофікація) – вимивання з полів, надходження стічних вод тваринницьких комплексів, комунально-побутових та промислових стічних вод, які несуть із собою значну кількість азоту й фосфору. Причиною прискореної евтрофікації може стати зарегулювання річкового стоку, коли велика кількість біогенних елементів вимивається із затоплених ґрунтів. За джерелами надходження біогенів можна виділити три типи антропогенної евтрофікації: урбогенну, виникає внаслідок скидання неочищених вод сполуками фосфору та азоту міських стічних вод; агрогенну, причиною якої є вимивання ґрунтовими водами й зливами мінеральних добрив із сільськогосподарських угідь; зоогенну внаслідок забруднення водою стоками тваринницьких ферм або при багаторазовому водопої та купанні великих черед худоби.

4. Самозабруднення – надмірне утворення первинної продукції органічної речовини, пов'язане з масовим розвитком фітопланктону, що призводить до «цвітіння» води, унаслідок чого погіршується її якість. Отже, самозабруднення – утворення величезної біомаси водоростей та продуктів її деструкції. Розклад біомаси призводить до утворення у воді значної кількості органічних, мінеральних, у т. ч. й токсичних, речовин, які істотно погіршують якість води. Серед токсичних речовин виділяються поліпептиди, феноли, індол, сірководень тощо. Отож, біологічне (вторинне) забруднення, на відміну від алохтонного, отримало назву самозабруднення. Воно може відбуватись унаслідок десорбції органічних і мінеральних речовин, накопичених у донних відкладеннях. Такі процеси більш інтенсивно відбуваються при дефіциті кисню й підкисленні водного середовища в анаеробних умовах. У водних екосистемах за нормального функціонування перебіг процесів продукування, засвоєння та деструкції автохтонних речовин за участю гідробіонтів збалансований. Завдяки цьому підтримується певний рівень якості води. Процес розкладання й виведення забруднюючих речовин із кругообігу водного середовища внаслідок взаємодії механічних, фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних чинників, що відбувається за участі сонячної радіації, водної рослинності та відстоювання,

називається самоочищенням водою. Суть механічного самоочищення полягає в перетиранні, механічному подрібненні окремих частинок, фільтрації забруднених вод через піщані ґрунти. Фізичне самоочищення включає процеси осідання (седиментацію) забруднювальних речовин під дією сили тяжіння. Хімічне й фізико-хімічне самоочищення пов'язане з утворенням комплексних сполук, реакціями між окремими речовинами, сорбцією завислих частинок мулом, глиною, піском та іншими донними відкладеннями, окисненням нестійких речовин розчиненим киснем (не абіотичного походження). Біологічне самоочищення водою включає біофільтрацію, мінералізацію органічних речовин, фотосинтетичну аерацію – реаерацію, біоаккумуляцію й біодетоксикацію. Біофільтрацію здійснюють організми-фільтратори, зокрема двостулкові молюски та планктонні ракоподібні. Велику кількість води пропускають через своє тіло й очищають її від завислих частинок. Вони використовують органічні та деякі мінеральні речовини як корм, а решту виводять у воду в вигляді слизових грудок, що осідають на дно. Завдяки цьому відбувається освітлення води й зменшується концентрація забруднюючих речовин у ній. Гідробіонти здатні накопичувати в організмі забруднюючі речовини, які містяться у воді. При цьому коефіцієнт їх накопичення (КН) може зростати в тисячі-десятки тисяч і більше разів. Таке явище називається біоаккумуляцією, або біоконцентруванням. Накопичення забруднювальних речовин у тілі гідробіонтів зростає під час перебігу по трофічних ланцюгах. Завдяки біоаккумуляції у водному середовищі поступово зменшується концентрація як органічних, так і неорганічних забруднювальних речовин. Деякі з них можуть повертатись у воду після відмирання гідробіонтів, але значна частина підлягає руйнуванню під дією ферментативних систем або переходить у неактивну форму. Руйнування та біоконцентрування токсичних речовин у водному середовищі завдяки гідробіонтам характеризується як біологічна детоксикація. Мінералізація органічних речовин пов'язана із життєдіяльністю гідробіонтів, насамперед бактерій різних фізіологічних груп. У зв'язку з цим якість води можна характеризувати за бактеріо-логічними показниками, зокрема за загальною чисельністю бактеріопланктону, кількістю бактерій групи кишкової палички (колі-титр та коли-індекс) і сапрофітів. При органічних забрудненнях чисельність бактерій у воді зростає. Зокрема, наявність кишкової палички у воді свідчить не тільки про антропогенне фекальне забруднення, а й про підвищений вміст органічних речовин, що виникає внаслідок відмирання гідробіонтів, переважно фітопланктону й вищих водяних рослин. Фотосинтетична аерація – це насичення води киснем, що утворюється рослинами в процесі фотосинтезу (на відміну від розчиненого кисню, який надходить у воду з атмосфери). Утворений кисень окиснює розчинні органічні речовини й підтримує кисневий режим забруднених вод, так звана фотосинтетична реаерація. Цей процес знаходить широке використання в системах очищення стічних вод у так званих біологічних ставках, де масово розвиваються хлорококові водорості – фотосинтетики. Реаерація пов'язана з відновленням газового режиму забруднених вод при

надходженні в них кисню біогенного походження. Процеси самоочищення водойм мають послідовний хід, що супроводжується зміною зон сапробності – від полісапробної до α -мезосапробної, а далі до β -мезосапробної й олігосапробної. Зони сапробності найбільш чітко виділяються в малих річках з уповільненою течією (при наявності одного джерела забруднення). За течією послідовно формуються полі-, альфа- й бетамезосапробна зони. За відсутності додаткових джерел забруднення остання поступово переходить в олігосапробну. Якщо на річці встановлені й інші джерела забруднення, то відновлюється спочатку зона високого забруднення (полі- чи α -мезосапробна). Знесені течією планктони – показники високої якості води – можуть змішуватися з індикаторами нижчих рівнів забруднення. Тому більш показовими індикаторами забруднення в таких випадках є прикріплені форми (перифітон), обростання підводних споруд, нитчасті водорості та макрофіти, а також зообентос. Саме ці біоценози відображають не мінливий рівень забруднення, як фіто-, зоо- й бактеріопланктон, а пересічні умови забруднення за тривалий час. Тому дослідження водних об'єктів передбачає обов'язковий аналіз складу перифітону, інших обростань та бентосу, а не лише планктону. В озерах і водосховищах потік забруднень від стічних труб та інших точкових джерел поширюється концентрично, за радіусами, тому зони сапробності тут формуються за кільцевою схемою, а при штормовому й турбулентному перемішуванні води межі між зонами сапробності стираються. Забруднення можуть поширюватися локальними течіями, тому зони високої та низької сапробності чергуються мозаїчно й безсистемно. Отже, для правильного встановлення зон сапробності потрібно розмішувати місця відбору проб відповідно до гідрологічних особливостей водного об'єкта.

5. Одним із найбільш шкідливих проявів антропогенного впливу на водні екосистеми й гідросферу загалом є хімічне забруднення, яке може призвести до отруєння водного середовища та його біоти. Серед хімічних речовин, що надходять у водойми зі стічними водами (токсикогенним стоком) й атмосферними опадами, більшість із них отруйні для гідробіонтів. Речовини, які проявляють таку дію, називаються токсикантами, а сам процес надходження отруйних речовин у водні об'єкти – токсифікацією. Токсичні речовини бувають природного походження й такі, що синтезовані людиною. Останні називаються ксенобіотиками.

Отруєна токсикантами вода із середовища життєзабезпечення перетворюється в середовище токсичне, тобто агресивне, вороже для нормального існування гідробіонтів. У такому середовищі перебіг біологічних процесів відбувається за новими закономірностями життя, розмноження й розвитку гідробіонтів. Істотно змінюються процеси формування та динаміка популяцій і структура гідробіоценозів. Вплив токсикантів на водні екосистеми має комплексний характер, а роль окремих компонентів не завжди можна виділити й оцінити. Сільськогосподарський стік із полів містить переважно залишки пестицидів у

поєднанні з мінеральними та органічними добривами. Упродовж останніх десятиліть забруднення водних екосистем залишками пестицидів було однією з найгостріших проблем.

Токсиканти надходили у водойми із сільськогосподарським стоком після масових опилень полів, зі стічними водами підприємств, які переробляли цукрові буряки, та тих, на яких виробляли інсектициди. Крім забруднення антропогенного походження, токсичність водного середовища може бути зумовлена метаболізмом самих гідробіонтів (природна токсичність). Так, під час масового розвитку синьо-зелених водоростей («цвітіння» води) у водне середовище надходить значна кількість токсичних метаболітів, що може призвести до загибелі зоопланктону та риб. Серед них найбільш небезпечні алкалоїди, які викликають важкі захворювання нервової системи в біоти. Водорості *Microcystis aeruginosa* виділяють у воду цілий комплекс токсичних речовин переважно пептидної природи, а *Aphanizomenon flos-aquae* – речовини, близькі за своєю дією до сакситоксинів динофітових водоростей.

Серед морських представників токсичного фітопланктону варто відзначити найбільш відому золотисту водорість (*Prymnesium parvum*), яка викликає так звані «червоні припливи», а на Атлантичному узбережжі США характерні «бурі припливи», зумовлені масовим розвитком різних видів динофітових водоростей, здебільшого токсичних. Вивченням впливу токсичного забруднення на гідробіонтів, їх угруповання та водні екосистеми загалом займається водна токсикологія, або екотоксикологія, яка є одним із напрямів антропогенної гідро екології.

Структура гідробіоценозів унаслідок токсичного впливу. Після надходження у водні екосистеми токсичні речовини, передусім, взаємодіють із планктонними організмами. В організмі ракоподібних фільтраторів накопичується велика кількість токсикантів. Тому вони виступають як перший буфер, що приймає основний токсичний прес на себе, зменшуючи тим самим негативний вплив на організми інших популяцій. Унаслідок цього першими випадають зі складу планктону, що приводить до зміни домінантних видів у ньому. Зниження інтенсивності споживання планктонних водоростей зоопланктоном призводить до їх більш інтенсивного розвитку, аж до виникнення «цвітіння» води. Організми зоопланктону загалом більш чутливі до дії багатьох токсикантів, ніж водорості, тому первинна продукція в умовах невисокого токсичного забруднення може навіть зростати внаслідок зниження пресу зоопланктону на фітопланктон. Одночасно з цим збільшується й розклад (деструкція) фітопланктону, що прискорює самозабруднення водойм. Токсиканти у водних екосистемах нерівномірно розподіляються між компонентами планктону, що призводить до корінної перебудови структури планктонних співгруповань. Як правило, такі перебудови здійснюються в три етапи. На першому суттєво змінюються показники чисельності й біомаси планктонних популяцій, що характеризує етап як «розхитування» водної системи. На другому відбувається зміна домінантних форм, що переходять на другорядний фон або зовсім зникають, а домінантами

стають види, які раніше були субдомінантними. Такі зміни найчастіше носять стрибкоподібний характер і виявляються при досягненні певних критичних значень концентрації токсиканта. На третьому етапі повністю змінюється структура гідробіоценозів: зникає домінування окремих планктонних видів, чисельність і біомаса яких постійно змінюється при загальній тенденції до падіння. У випадках тривалої дії токсикантів може повністю зникати фітопланктон, унаслідок чого призупиняється фотосинтез, порушуються трофічні ланцюги й екосистема відмирає. При перевантаженні водної екосистеми токсичними речовинами, які пригнічують її енергетичний потенціал та порушують екологічні зв'язки, на певному етапі починаються «коливальні» процеси, за якими настає корінна перебудова екосистеми, що призводить до дезорганізації її структури, а в подальшому – до її повної загибелі. У донних відкладах такі процеси виражені менш чітко, незважаючи на те, що токсиканти до них надходять у складі завислих частинок та відмерлого планктону. Донний мул інтенсивно адсорбує токсиканти, що зв'язуються в складні нетоксичні сполуки (наприклад комплексні сполуки важких металів). У зв'язку з цим прямий вплив токсикантів на бентосні організми можна й не виявити.

6. Якість води – характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для конкретних цілей використання. Нормування якості води водного об'єкта здійснюється шляхом встановлення сукупності допустимих значень показників її складу та властивостей, у межах яких забезпечуються безпечні умови водокористування і які встановлюються для води, що використовується для задоволення питних, господарсько-побутових і рекреаційних потреб та потреб рибного господарства. Водним кодексом України встановлено екологічні нормативи якості води з метою захисту водних екосистем від забруднення.

Екологічні нормативи якості вод – це науково обґрунтовані кількісні значення показників (гідроморфологічних, гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, мікробіологічних, радіаційних, у т. ч. специфічних речовин токсичної дії) якості води, що віддзеркалюють природний (фоновий) стан водного об'єкта та цілі водоохоронної діяльності з покращення або збереження його екологічного благополуччя.

Для кожної забруднюючої речовини й для певного водного об'єкта (або групи однотипових водних об'єктів) екологічні нормативи встановлюються окремо. Відповідно розрізняють санітарно-гігієнічні нормативи якості води - науково обґрунтовані величини концентрації забруднюючих речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають прямо або опосередковано на життя та здоров'я населення); рибогосподарські нормативи якості води - науково обґрунтовані величини концентрації забруднюючих речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають на збереження і відтворення промислово цінних видів риб. На ділянках водних об'єктів, які знаходяться в межах

населених пунктів, незалежно від цілей водокористування нормативи встановлюються також для води, що використовується для задоволення господарсько-побутових потреб. Нормативним документом, який регламентує якість води поверхневих вод, є гранично-допустима концентрація (ГДК) речовин, що встановлюється для господарсько-питного, культурно-побутового, а також рибогосподарського водокористування.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – це така концентрація хімічних речовин, що не завдає шкоди здоров'ю людини при використанні води для питних та інших потреб (санітарно-гігієнічна ГДК), не перешкоджає нормальній життєдіяльності риб і кормових організмів (рибогосподарська ГДК), не порушує стан водних екосистем (екологічні нормативи – ЕН, або екологічні стандарти якості вод). Крім того, нормування якості поверхневих вод має свою юридичну основу – водний кодекс, водний кадастр, санітарні правила і норми (СанПіН), гранично допустимі концентрації (ГДК), гранично допустимі скиди (ГДС) та інші чинні документи, спрямовані на попередження і усунення причин забруднення водних об'єктів.

Для вод, що використовується для потреб рибного господарства, при нормуванні якості встановлюються ГДК шкідливих речовин з врахуванням п'яти показників шкідливості:

- органолептичного;
- загальносанітарного;
- санітарно-токсикологічного – токсикологічного (характеризує токсичність речовин для живих організмів, що живуть у водоймі);
- рибогосподарського (характеризує вплив речовин на погіршення якості промислових риб).

Рибогосподарські ГДК зорієнтовані на збереження і підтримку структурно-функціональної цілісності екосистем водойм рибогосподарського призначення. Основним критерієм при їх розробці є досягнення якості води, придатної для нормальної життєдіяльності риб та інших гідробіонтів, а також отримання рибної продукції, що відповідає гігієнічним вимогам.

Згідно рибогосподарських ГДК вода не повинна мати стороннього запаху, присмаку і невластивого забарвлення, які можуть передаватися рибній продукції. Регламентуються й інші екологічні показники: температура, реакція середовища (рН), біохімічне споживання кисню (БСК) тощо, що істотно впливають на фізіолого-біохімічні процеси в організмі риб й інших гідробіонтів.

Основними заходами охорони води від забруднення вважаються такі, котрі частково виключають утворення стічних вод, а також необхідність скиду їх у водоймища. Заборонений скид у водоймища таких стічних вод, які можуть бути ліквідовані іншими шляхами: застосуванням раціональної технології, повторним використанням відпрацьованої води у системах обортового водопостачання та використанням стічних вод у цілях сільськогосподарського зрошування. Вказані заходи дозволяють зменшити об'єми стічних вод, які підлягають скиду у водоймища.

Контрольні питання

1. Як за походженням поділяються органічні речовини водної екосистеми?
2. Що таке асиміляція й деструкція органічної речовини?
3. Дайте визначення токсикантам і токсифікації водойм?
4. Що таке ксенобіотики?
5. Дати визначення сапробності та сапробіонтам.
6. Як поділяються водойми за ступенем забруднення органічними речовинами?
7. Охарактеризувати полі-, оліго-, мезосапробні й катаробні води.
8. Назвати заходи попередження евтрофікації.
9. Що таке самоочищення водойм? Назвати його види.
10. Пояснити суть біофільтрації водойм.
11. Що таке біоаккумуляція й біологічна детоксикація?
12. Дати визначення фотосинтетичній аерації та реаерації.
13. Що таке природна токсичність?
14. Дайте визначення екологічних нормативів якості води та назвати їх види.