

## Лекція 1

**Тема: Вступ: поняття екології та екосистем. Галузі екології. Основи екології та її значення для аквакультури**

### План

1. Визначення екології
2. Основні поняття екосистеми
3. Класифікація та типи екосистем
4. Основні галузі екології
5. Основи акваекології як частини екології
6. Екологічний моніторинг та його роль у аквакультури

#### 1. Визначення екології.

Термін "екологія" вперше вжив у 1866 році німецький вчений Е. Геккель. Він походить від грецьких слів *eikos*, що означає дім, помешкання, місце перебування та *logos* - наука. Так Геккель назвав науку, що вивчає організацію та функціонування надорганізованих систем різних рівнів, видів. Популяцій, біоценозів (спільнот, екосистем) та біосфери. Спочатку цей термін застосовувався тоді, коли йшлося про вивчення взаємозв'язків між рослинними та живими спільнотами, що входять до складу стійких та організованих систем, котрі склались в процесі еволюції органічного світу та навколишнім середовищем. Сучасна екологія інтенсивно вивчає також взаємодію людини та біосфери, суспільного виробництва з навколишнім середовищем та інші проблеми.

Екологія є складовою частиною біології. Американський еколог Юджін Одум дав найбільш коротке і найменш спеціальне визначення екології - це біологія навколишнього середовища. Загальна екологія займається дослідженням усіх типів екосистем. Екологія рослин досліджує зв'язки рослинних організмів із середовищем. Екологія тварин досліджує динаміку та організацію тваринного світу.

Важливу роль у диференціації екологічної науки мав III ботанічний конгрес, який відбувся 1910 року в Брюсселі. На цьому було вирішено поділити екологію рослин та екологію особин (аутекологію) та екологію угруповань (синекологію). Цей поділ поширився також на екологію тварин та загальну екологію. Крім того, існує екологія людини, тварин, рослин та екологія мікроорганізмів. З 70-х років XX століття складається соціальна екологія, що вивчає особливості взаємодії суспільства та оточуючого середовища та його охорони. Дуже широким є спектр підрозділів екології, в котрі входять спеціалізовані екологічні науки в залежності від об'єкта та предмета дослідження, а також їх визначення.

**Екологія** - частина біології, що вивчає відносини організмів (особин, популяцій, біоценозів тощо) між собою та навколишнім середовищем, називається біоекологією. До складу біоекології включається екологія особин (аутекологія), популяцій (популяційна екологія, демекологія) та спільнот (синекологія).

Екологія - дисципліна, що вивчає загальні закони функціонування екосистем різного ієрархічного рівня:

- екологія - комплексна наука, що досліджує середовище існування живих істот (включаючи людину);

- екологія - область знань, розглядає деяку сукупність предметів та явищ з точки зору суб'єкта або об'єкта (живого, або за участю живого), котрий є центральним у цій сукупності;

- екологія - дослідження становища людини як виду та суспільства в екосфері планети, її зв'язків з екологічними системами та засоби впливу на них;

- екологія - об'єднуючий елемент всієї розумної діяльності людини на планеті, що сприяє знаходженню раціональних рішень в процесі господарської діяльності людини і при оцінці її досягнень та успіхів в споживацькому аспекті, а у встановленні їх права на життя лише в тому випадку, коли вони базуються на м'яких впливах господарської діяльності людини на природне і оточуюче середовище і не завдають прямих і опосередкованих збитків людині як особі, здоров'ю та добробуту нинішніх та наступників поколінь людей на Землі;

- екологія - наука про способи обмеження споживання ресурсів біосфери для задоволення потреб господарської діяльності людини, або іншими словами, наука про обмежувальні прогнози в господарській діяльності людини на Землі.

Прикладна екологія як наука базується перш за все на різних галузях біології фізіології, генетики, біофізики, але вона також пов'язана з іншими природничими науками - фізикою, хімією, геологією, географією, математикою. Прикладна екологія, крім того, не може бути відділена від моралі, права, економіки, оскільки лише в союзі з ними можна докорінно змінити ставлення людини до природи.

Таким чином, екологія як біологічна наука вивчає організацію життя рослин та тварин, займається вивченням взаємодії живих організмів з оточенням, умовами існування, способом життя.

Центральне місце в екології посідає проблема динаміки та чисельності популяцій та механізмів її регуляції. Тут виявляється значимість участі популяційних (конкуренція за їжу) та біоценотичних (хижаків, паразитів, збудників захворювань) механізмів.

Тому серед основних завдань екології можна виділити наступні:

- 1) дослідження особливостей організації життя, в тому числі в зв'язку з антропогенними, що є результатом людської діяльності, впливом на природні системи;
- 2) створення наукової основи раціональної експлуатації біологічних ресурсів;
- 3) прогнозування змін природи під впливом діяльності людини;
- 4) збереження середовища існування людини.

Під **екологічною системою** розуміють сукупність елементів, утворених живими організмами та середовищем їх існування, пов'язаних між собою обміном речовин та енергією.

## 2. Основні поняття екосистеми.

**Екологічний фактор** — будь-який фактор середовища, що здатен тою чи іншою мірою, прямим або непрямим способом впливати на живі організми, в період хоча б однієї фази індивідуального розвитку. Екологічні фактори середовища, що ними зв'язаний будь-який живий організм, поділяють на дві категорії: **абіотичні** (фактори неживої природи) та **біотичні** (фактори живої природи). Існує певна умовність поділу і взаємовпливу абіотичних та

біотичних факторів, оскільки живі організми здатні призвести до змін, які ведуть за собою і зміни абіотичних факторів.

Значення екологічних чинників:

- 1) **адаптаційне** (під дією чинників середовища відбуваються формування пристосувань на різних рівнях організації життя);
- 2) **модифікаційне** (зміни пристосувань у відповідь на зміни середовища);
- 3) **сигнальне** (світло чи звук є джерелом інформації про стан середовища);
- 4) **біонавігаційне** (магнітні впливи забезпечують визначення місцеперебування чи напрямків переміщення у просторі).

Класифікація екологічних чинників:

- 1) **за походженням** (космічні, техногенні),
- 2) **за середовищем виникнення** (атмосферні, гідрологічні, едафічні, або ґрунтові),
- 3) **за характером впливу** (фізичні, хімічні, біологічні)
- 4) **періодичні** (залежно від особливостей змін, наприклад, добові зміни температури),
- 5) **неперіодичні** (наприклад, виверження вулканів).
- 6) **за природою впливу** чинники бувають абіотичні біотичні антропогенні

**Абіотичні фактори** — сукупність кліматичних, ґрунтових (едафічних), а також топографічних факторів.

**Біотичні фактори** — сукупність взаємовпливу життєдіяльності одних організмів на інші.

Біотичний компонент можемо поділити на **автотрофні** та **гетеротрофні організми**. Перші з них самі автономно під впливом складних біохімічних процесів здатні продукувати органічну речовину, другі — тільки споживають накопичене. В останні десятиліття деякі вчені відокремлюють ще одну групу екологічних факторів, які можуть і змінюють умови існування та функціонування екосистем, — антропогенні фактори. З огляду на сучасний вплив людини на процеси, що відбуваються в навколишньому середовищі, таке відокремлення є виправданим, хоча, з точки зору біоекології, людина є таким самим організмом, як і всі інші. Фізіологічно, фізично, хімічно, біологічно людина не відрізняється від інших живих організмів, тому виділення даної групи є скоріше визначенням ролі людини як екологічного фактора стосовно до інших живих організмів та середовища існування.

**Антропогенні або антропогенні фактори** — такі фактори, агентами яких є людина (безпосередньо або внаслідок своєї діяльності).

Роль антропогенного фактора весь час зростає. Дія людини на рослинні угруповання може бути прямою (безпосереднє споживання, вирощування в системі сільського господарства, використання рослинних ресурсів, інтродукція, пряме винищення тощо) та непрямою (деградація та позитивні зміни в фітоценозах, вимирання одних видів та розповсюдження інших внаслідок різних видів людської діяльності). За результатом вплив людини умовно поділяють на позитивний та негативний.

Загальні закономірності впливу чинників на організми й угруповання:

- 1) **правило адаптивності:** у відповідь на вплив умов середовища у організмів у процесі еволюції формуються пристосування (наприклад, адаптація риб до життя у воді);
- 2) **закон оптимуму:** кожен чинник позитивно впливає на життєдіяльність організмів лише у певних межах;
- 3) **правило взаємодії екологічних чинників:** за сумісної дії на організм одні чинники можуть посилювати чи послаблювати впливи інших чинників; впливи температури середовища може посилювати підвищена вологість;
- 4) **правило обмежувального чинника = закон мінімуму.** Життєдіяльність виду обмежується тим чинником, дія якого є найбільш віддаленою оптимальної. Обмежувальний (лімітуючий) чинник - це чинник середовища, який найбільше відхиляється від оптимуму дії серед всіх інших факторів і виходить за межі витривалості. Найчастіше лімітуючими чинниками є вода, температура, їжа;
- 5) **закон толерантності Шелфорда:** як мінімум, так і максимум екологічного впливу може бути обмежувальним чинником.

### 3. Класифікація та типи екосистем

**Екосистема** – це сукупність живих організмів та середовища їхнього проживання, що об'єднані системою фізичних, хімічних та біологічних зв'язків.

Відповідно до середовища, в якому розвиваються організми, що утворюють біоценоз, екосистеми можна розділити на дві великі групи: Водні екосистеми, середовищем у яких є вода. Наземні екосистеми, середовищем у яких є повітря.

Наземні екосистеми розвиваються на поверхні континентів, таких як ліси, луки або пустелі. Водні екосистеми розвиваються у воді, або в морях і океанах, або у водах всередині континентів, таких як річки, лагуни та ставки.

**Наземні екосистеми** — це екосистеми, що зустрічаються лише на суші. До них відносяться тропічні ліси, пустелі, луки, листяні ліси, тундра і тайга.

**Водні екосистеми** — це екосистеми, що знаходяться у водоймах; До них належать озера, річки, ставки, водно-болотні угіддя, океани та моря.

**Морські екосистеми** знаходяться в океані і характеризуються високим рівнем біорізноманіття. На них впливають такі фактори, як температура, течії та наявність сонячного світла. З іншого боку, наземні екосистеми знаходяться на суші та є менш різноманітними порівняно з морськими екосистемами.

Екосистеми можна класифікувати за різними критеріями:

#### 1. За середовищем існування:

Наземні (терестричні):	Водні (акватичні):	Перехідні (амфібіотичні):
охоплюють ліси, пустелі, степи, тундру тощо.	включають прісноводні (річки, озера) та морські (океани, моря) екосистеми.	заболочені території, мангрові ліси, естуарії.

## 2. За ступенем антропогенного впливу:

<b>Природні:</b> сформувалися без впливу людини (тропічні ліси, коралові рифи).	<b>Антропогенні (штучні):</b> створені або значно змінені людиною (сільськогосподарські угіддя, міські території, аквакультурні ферми).
--	--

## 3. За рівнем продуктивності:

<b>Продуктивні:</b> характеризуються високим рівнем біомаси і продуктивності (тропічні ліси, коралові рифи).	<b>Малопродуктивні:</b> мають низький рівень біомаси (пустелі, відкритий океан).
---	---

## 4. За біогеографічними ознаками:

Арктичні антарктичні	Тропічні помірні	Гірські рівнинні
-------------------------	---------------------	---------------------

**Типи екосистем**

## 1. Наземні екосистеми:

<b>Лісові</b> (тропічні, помірні, тайга)	<b>Степові</b> (помірні степи, савани)	<b>Пустельні</b> (гарячі та холодні пустелі)	<b>Тундра</b> (арктична та альпійська)
---	---	---	---

## 2. Водні екосистеми:

<b>Прісноводні</b> ✓ Озера ✓ Річки ✓ Болота	<b>Морські</b> ✓ Океани ✓ Коралові рифи ✓ Естуарії
--	---

## 3. Перехідні (екотонні) екосистеми:

<b>Заболочені території:</b> важливі для збереження біорізноманіття.	<b>Мангрові ліси:</b> прибережні екосистеми у тропічних регіонах.	<b>Естуарії:</b> місця, де річки впадають у моря.
---	--	--

Коралові рифи називають «тропічними лісами океану» через їх високу біорізноманітність. Вони займають менше ніж 1% поверхні океану, але забезпечують житло понад 25% морських видів.

Заболочені території є одними з найпродуктивніших екосистем у світі. Вони відіграють ключову роль у фільтрації води та регуляції клімату.

Антарктичні екосистеми є одними з найсуворіших на планеті, але підтримують життя таких унікальних видів, як імператорські пінгвіни та криль.

Водні екосистеми є основою для розвитку аквакультури, яка передбачає вирощування водних організмів (риб, молюсків, ракоподібних, водоростей) у контрольованих умовах. В аквакультурі використовуються як природні, так і штучні водні екосистеми, кожна з яких має свої особливості та значення.

**Природні екосистеми** — це річки, озера, лимани та інші водойми, які виникли природним шляхом. Вони забезпечують середовище для життя і розмноження багатьох видів водних організмів.

Природні водойми відіграють важливу роль в аквакультурі, адже вони є джерелом біорізноманіття, забезпечуючи різні види риби і водних організмів для вирощування. Вони також виконують функцію генетичного фонду, оскільки природні популяції надають цінний генетичний матеріал для селекції стійких та високопродуктивних порід. Крім того, природні екосистеми сприяють підтриманню екологічного балансу, що особливо важливо при інтеграції аквакультури з навколишнім середовищем. Водночас ці водойми мають свої особливості. Контроль за умовами у них є складнішим, оскільки важко регулювати температуру води, рівень кисню чи поширення хвороб. Сезонні зміни також впливають на продуктивність аквакультури через природні коливання температури та біологічних процесів. Окрім цього, надмірне використання природних водойм може мати значний екологічний вплив, призводячи до їх деградації, зокрема евтрофікації та зниження біорізноманіття.

**Штучні водойми** — це створені людиною басейни, ставки, водосховища, канали, які використовуються для вирощування водних організмів у контрольованих умовах.

Штучні водні екосистеми відіграють ключову роль в аквакультурі, оскільки забезпечують можливість оптимізувати умови вирощування, контролюючи такі ключові параметри, як температура, освітлення та хімічний склад води, що значно підвищує продуктивність. Вони сприяють інтенсифікації виробництва, дозволяючи вирощувати велику кількість риби чи інших водних організмів на обмеженій території. Крім того, штучні водойми використовуються для відновлення популяцій шляхом розведення молоді та її випуску у природні водойми, що сприяє репопуляції видів. Основними особливостями таких екосистем є можливість контролювати умови утримання, що мінімізує ризики хвороб і паразитів завдяки постійному моніторингу. Висока економічна ефективність робить штучні водойми основою сучасної аквакультури, оскільки вони забезпечують стабільне та продуктивне вирощування. До того ж, у таких системах широко застосовуються сучасні технології, зокрема аерація, фільтрація та автоматичне годування, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для зростання водних організмів.

#### 4. Основні галузі екології

Основні галузі екології охоплюють різноманітні аспекти вивчення взаємодії організмів із середовищем та один з одним. Серед них виділяють аутокологію, демекологію, синекологію та глобальну екологію.



**Аутекологія** вивчає взаємодію окремих організмів або видів з їхнім навколишнім середовищем. Вона аналізує адаптації до умов існування, вплив абіотичних і біотичних факторів на життєдіяльність організмів. Наприклад, дослідження впливу температури або солоності води на певний вид риби належить до аутекології.

**Демекологія** зосереджена на вивченні популяцій, їхньої структури, динаміки чисельності, народжуваності, смертності та взаємодії з навколишнім середовищем. Демекологія досліджує, як популяції пристосовуються до змін у середовищі та які фактори впливають на їхній розвиток. Наприклад, вивчення розмноження та міграцій рибних популяцій є прикладом демекологічного підходу.

**Синекологія** досліджує взаємодію різних видів у складі біоценозів (екосистем). Вона вивчає структуру та функціонування спільнот, взаємозв'язки між видами, такі як конкуренція, хижацтво чи симбіоз. Синекологічні дослідження допомагають зрозуміти, як різні організми співіснують у межах одного середовища. Прикладом синекології є вивчення взаємодії різних видів риб у ставкових екосистемах.

**Глобальна екологія** аналізує екосистеми планети в цілому, їхній взаємозв'язок та вплив глобальних процесів, таких як зміна клімату, на біосферу. Вона охоплює питання біосферних циклів, біорізноманіття, глобального потепління та стійкості екосистем. Дослідження впливу антропогенних змін на океани та атмосферу є прикладом глобальної екології.

У тридцяті роки сформувалася **популяційна екологія - демекологія**, яка вивчає структуру виду:

- ✓ біологічну,
- ✓ статеву,
- ✓ вікову,
- ✓ етіологічну,
- ✓ описує коливання чисельності різних видів і встановлює їх причини.

**Популяційна екологія, або демекологія**, — це розділ екології, який вивчає популяції організмів, їхню структуру, динаміку чисельності, поширення та взаємодію з навколишнім середовищем. Основна увага приділяється дослідженню внутрішньопопуляційних процесів, таких як народжуваність, смертність, темпи росту, а також впливу зовнішніх факторів на ці процеси.

### Основні поняття популяційної екології:

**Популяція** — це сукупність особин одного виду, які мешкають на певній території та здатні до вільного схрещування.

**Щільність популяції** — кількість особин на одиницю площі або об'єму середовища.

**Народжуваність (фертильність)** — кількість нових особин, які з'являються у популяції за певний час.

**Смертність** — кількість особин, що гинуть у популяції за певний період.

**Темпи зростання популяції** — різниця між народжуваністю і смертністю, що визначає зміну чисельності популяції.

**Міграція** — переміщення особин між популяціями, що впливає на чисельність та генетичну структуру популяції.

### Типи зростання популяцій:

**Експоненціальне зростання:** відбувається за відсутності обмежувальних факторів, коли ресурси не обмежені. Графік такого зростання має J-подібну форму.

**Логістичне зростання:** враховує обмеженість ресурсів і носить S-подібний характер. При досягненні певної чисельності популяція стабілізується на рівні, що відповідає ємності середовища.

### Стратегії виживання популяцій:

**r-стратегі:** характеризуються швидким розмноженням, великою кількістю нащадків і коротким життєвим циклом (наприклад, ракоподібні, багато видів риб).

**K-стратегі:** відзначаються повільним розмноженням, малою кількістю нащадків, але високою турботою про потомство (наприклад, осетрові риби).

У рибництві вивчення популяційної екології дозволяє прогнозувати зростання рибних популяцій у ставках або водосховищах, оптимізувати умови для їхнього розмноження та контролювати чисельність для забезпечення стабільної продуктивності.

Таким чином, популяційна екологія відіграє ключову роль у розумінні механізмів регулювання чисельності видів та впливу факторів середовища на їхню життєдіяльність, що особливо важливо для ефективного управління ресурсами в аквакультурі.

## 5. Основи акваекології як частини екології

**Акваекологія** — це розділ екології, що вивчає взаємодію водних організмів з навколишнім середовищем, а також принципи створення оптимальних умов для їхнього вирощування. Акваекологія є основою для розвитку аквакультури, оскільки вона дозволяє зрозуміти екологічні потреби гідробіонтів і забезпечити їхнє ефективне розведення.

Вплив умов середовища на водні організми є ключовим аспектом акваекології. Водні організми надзвичайно чутливі до змін у своєму середовищі існування, тому навіть незначні коливання параметрів можуть вплинути на їхнє здоров'я, зростання та репродуктивну здатність. Основні фактори середовища, що впливають на водних мешканців, включають температуру води, концентрацію кисню, солоність, освітленість, рН, наявність токсичних речовин та біогенних елементів. Наприклад, зниження концентрації кисню у водоймі може призвести до гіпоксії, що негативно позначиться на дихальних процесах у риб і може спричинити їх загибель. Оптимальна температура є критичним фактором для метаболізму і росту багатьох видів риб, тоді як відхилення від норми можуть сповільнити розвиток або навіть викликати стресові стани.

Екологічні принципи вирощування водних організмів в аквакультурі базуються на забезпеченні умов, максимально наближених до природних, та мінімізації негативного впливу на довкілля. **До основних принципів належать:**



➤ збалансованість екосистеми: створення стійкої системи, в якій підтримується рівновага між різними компонентами — гідробіонтами, мікроорганізмами, водними рослинами.

➤ оптимізація умов вирощування: контроль і підтримка ключових параметрів води (температура, кисневий режим, рН) на рівні, що відповідає фізіологічним потребам конкретного виду.

➤ інтеграція з природними процесами: використання біологічних методів очищення води, збагачення середовища природними кормами (фітопланктон, зоопланктон).

➤ стійке управління ресурсами: мінімізація використання антибіотиків і хімікатів, контроль за відходами та впровадження екологічно чистих технологій.

➤ біобезпека: запобігання поширенню хвороб серед водних організмів і контроль за інтродукцією нових видів у водойми.

## 6. Екологічний моніторинг та його роль у аквакультурі

*Екологічний моніторинг* — це система спостереження та оцінки стану навколишнього середовища з метою своєчасного виявлення змін у природних умовах, що можуть вплинути на здоров'я екосистем і водних організмів. У аквакультурі екологічний моніторинг відіграє важливу роль у підтриманні оптимальних умов для вирощування водних організмів та збереження екологічної рівноваги. Це дозволяє не лише забезпечити продуктивність аквакультурних систем, але й запобігти негативному впливу на навколишнє середовище.

*Екологічний підхід* в аквакультурі передбачає врахування всіх екологічних аспектів при проектуванні та управлінні аквакультурними системами. Це означає створення таких умов, які не тільки сприяють розвитку водних організмів, але й мінімізують шкідливий вплив на екосистеми. Проектування таких систем включає в себе використання відновлювальних ресурсів, оптимальне використання води, впровадження біологічних методів очищення води (фільтрація, аерація), а також інтеграцію аквакультури з навколишнім середовищем, щоб уникнути деградації водних екосистем і підтримати їх стабільність.

Збереження біорізноманіття в аквакультурі є надзвичайно важливим аспектом, оскільки воно сприяє стабільності екосистем, забезпечує здоров'я водних організмів і допомагає підтримувати баланс в аквакультурних системах. Різноманіття видів водних організмів сприяє покращенню функціонування екосистем, знижує ризик поширення хвороб та паразитів і покращує загальний стан води. У свою чергу, монокультури в аквакультурі можуть призвести до зниження стійкості системи, збільшення ризику епідемій і зниження продуктивності. Тому важливо використовувати різноманітні види водних організмів та створювати мультиспеціалізовані системи, що сприяють більшому екологічному балансу.

Стійкий розвиток аквакультури передбачає таке управління водними ресурсами, яке забезпечує їх довготривале використання без шкоди для екосистем. Це включає в себе зменшення впливу аквакультури на довкілля, збереження водних ресурсів, запобігання забрудненню води та ґрунту, а також мінімізацію витрат енергії та використання хімічних препаратів. Важливими аспектами стійкості є використання природних кормів, застосування

біологічних методів боротьби з паразитами, а також розвиток замкнутих систем аквакультури, які дозволяють переробляти відходи та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Мінімізація екологічних ризиків в аквакультурі включає контроль за якістю води, популяцією організмів, запобігання поширенню хвороб і паразитів, а також ефективне управління відходами. Зокрема, важливим є проведення регулярного моніторингу фізико-хімічних та біологічних параметрів середовища, а також впровадження практик, спрямованих на зниження негативного впливу на водні екосистеми. Це дозволяє забезпечити не лише стабільну продуктивність, але й зберегти природні ресурси для майбутніх поколінь.

## Лекція 2

**Тема: Водні екосистеми: структура та функціонування. Екологічні фактори та екологічна валентність. Абіотичні та біотичні фактори**

### План

1. Вступ до водних екосистем
2. Структура водних екосистем
3. Функціонування водних екосистем
4. Фактори навколишнього середовища та їх вплив на водні організми
5. Абіотичні фактори
6. Біотичні фактори
7. Екологічна валентність
8. Взаємозв'язок абіотичних та біотичних факторів у водних екосистемах
9. Значення знань про водні екосистеми для аквакультури

### 1. Вступ до водних екосистем

**Водна екосистема** — це сукупність живих організмів (біотичні компоненти) та абіотичних факторів середовища (температура, освітленість, хімічний склад води тощо), що взаємодіють між собою в межах водного середовища. Вона може існувати у різних типах водних просторів, таких як річки, озера, стави, водосховища, океани, моря, а також підземні води. Водні екосистеми характеризуються складною структурою, де взаємозв'язок між організмами і середовищем визначає функціонування екосистеми в цілому.

#### Специфіка водної екосистеми:

Вода є основним компонентом водних екосистем і визначає багато фізіологічних процесів у живих організмів. Характер води (солоність, температура, прозорість, кисневий режим) сильно впливає на види, що можуть існувати в екосистемі.

Водні екосистеми характеризуються високим рівнем біорізноманіття, що включає риб, водорості, безхребетних, мікроорганізмів, а також різноманітні екосистемні утворення, такі як водоростеві поля, прибережні зони, коралові рифи тощо.

У водних екосистемах є різні трофічні рівні, від первинних виробників (фітопланктон, водорості) до споживачів (зоопланктон, риби, хижаки). Ці рівні взаємодіють через харчові ланцюги, які забезпечують енергетичний обіг у системі.

**Абіотичні фактори.** Такі фактори, як температура води, солоність, рівень кисню, наявність поживних речовин, рН води, суттєво впливають на життєдіяльність водних організмів. Ці фактори можуть бути сезонно змінними, створюючи певні коливання у функціонуванні екосистеми.

**Гідрологічний цикл.** Водні екосистеми зазвичай перебувають у стані постійного обміну водою, через випаровування, дощі, підземні води та водообмін із прилеглими сушами, що підтримує їхній динамічний характер.

Водні екосистеми часто взаємодіють з прилеглими екосистемами, такими як прибережні зони, водно-болотні угіддя чи лісові екосистеми, що сприяє обміну елементами живлення, водою і органічними матеріалами.

Водні екосистеми часто зазнають змін у часі, таких як сезонні коливання температури, рівня води, фотосинтетичної активності. Вони можуть бути стабільними або змінними, залежно від типу води і географічного розташування.

Основні типи водних екосистем можна поділити на три великі категорії залежно від рівня солоності води: **прісноводні, солонуваті та морські**. Кожен з цих типів екосистем має свої специфічні характеристики, які визначають типи організмів, що можуть існувати в цих середовищах, а також їхні екологічні процеси.

**Прісноводні екосистеми** — це екосистеми, в яких вода містить менше ніж 0,05% розчинених солей (солоність води менша за 1 проміле). До таких екосистем відносяться річки, озера, стави, водосховища, болота та джерела.

Особливості:

- Вода має низький рівень солоності, що робить ці екосистеми придатними для багатьох видів рослин і тварин, які не здатні жити в солоних умовах.
- Прісноводні екосистеми часто є джерелом прісної води для людей і тварин, а також відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття.
- До типових організмів належать прісноводні риби (судак, щука, карась), водорості, амфібії, мікроорганізми, а також безхребетні, такі як раки та комахи.

Приклад: озера, річки, ставки, болота.

**Солонуваті екосистеми** — це екосистеми, де рівень солоності води знаходиться між прісноводними та морськими (від 0,5% до 3% солі). Такі екосистеми можуть бути знайдені в прибережних зонах, естуаріях (де річки впадають у море) та лагунах.

Особливості:

- Солонуваті екосистеми мають специфічні умови, що дозволяють адаптуватися до них лише певним видам організмів.
- Різноманіття видів у цих екосистемах зумовлене здатністю багатьох організмів переносити коливання солоності води.
- В цих екосистемах часто зустрічаються види, які здатні адаптуватися до змін у рівні солоності, такі як моллюски, водорості, риби (наприклад, ставридові), а також деякі види птахів.

Приклад: естуарії, мангрові ліси, лагуни.

**Морські екосистеми** — це екосистеми, що існують у водах з високою солоністю (більше 3,5%). Це найбільші водні екосистеми на планеті, що охоплюють океани, моря та коралові рифи.

Особливості:

- Морські екосистеми мають велику площу і забезпечують величезне біорізноманіття, адже море містить численні організми, від мікроскопічних планктонів до великих китоподібних.
  - У цих екосистемах є різні типи середовищ: від поверхневих вод до глибинних зон, кожна з яких має свої характерні організми.
  - Морські організми адаптовані до стабільної високої солоності води, і можуть існувати в умовах з великою кількістю розчинених мінералів і органічних речовин.
  - Важливу роль у морських екосистемах відіграють коралові рифи, які є біологічними "мегаполісами", з величезним різноманіттям видів.

Приклад: океани, моря, коралові рифи, підводні гірські системи.

### Загальні риси та відмінності:

Прісноводні екосистеми мають низьку солоність і, як правило, обмежену площу, але вони є важливими джерелами води та їжі.

Солонуваті екосистеми забезпечують перехід між прісними та морськими водами, підтримуючи унікальні види організмів, що адаптуються до змінного середовища.

Морські екосистеми є найбільшими і найбільш стабільними водними екосистемами, що підтримують велике різноманіття видів і мають важливе значення для глобальних екологічних процесів, таких як регулювання клімату і кругообіг вуглецю.

## 2. Структура водних екосистем

Компоненти водної екосистеми можна поділити на дві основні категорії: **біотичні** (живі) та **абіотичні** (неживі) складові. Взаємодія між цими компонентами визначає функціонування екосистеми та підтримує її стабільність і продуктивність.

**Біотичні компоненти** складаються з усіх живих організмів, які населяють водне середовище. Вони взаємодіють між собою через харчові ланцюги, симбіоз, конкуренцію і здатність до адаптації до умов середовища.

Основні групи біотичних компонентів:

**Продуценти** — це організми, які здійснюють фотосинтез або хемосинтез і виробляють органічні речовини, використовуючи сонячну енергію або хімічні реакції. Водні продуценти включають:

- Фітопланктон (мікроскопічні водорості, водорості, ціанобактерії),
- Макрофіти (водні рослини, що можуть бути зануреними або плаваючими, наприклад, рдест, елодея).

**Консументи** — це організми, що споживають органічні речовини, які вироблені продуцентами:

- Зоопланктон (маленькі безхребетні організми, які живляться фітопланктоном і дрібними водними організмами),

- Риби (наприклад, форель, судак, карась, що можуть бути споживачами фітопланктону або інших риб),
- Безхребетні тварини (раки, молюски, черви),
- Птахи та інші тварини, що харчуються водними організмами.

**Деструкти** — це організми, що розкладають мертву органіку, перетворюючи її на неорганічні компоненти, які можуть знову потрапити до кругообігу елементів. Важливу роль відіграють:

- Бактерії,
- Гриби,
- Деякі безхребетні (наприклад, личинки комах, що поїдають гнилі рослини).

**Абіотичні компоненти** — це всі неживі елементи, які створюють умови для існування живих організмів. Вони впливають на розподіл видів, їхню життєдіяльність та поведінку.

Основні абіотичні компоненти водної екосистеми:

**Вода** — основа водної екосистеми, яка визначає її властивості. Вода є середовищем для всіх біологічних процесів, забезпечує життєдіяльність організмів, а також є основним транспортним середовищем для елементів живлення та кисню.

Важливими характеристиками води є її температура, кисневий режим, солоність (в залежності від типу екосистеми), прозорість, рН, мінералізація.

**Сонячне світло** — головне джерело енергії для фотосинтетичних організмів. Інтенсивність світла залежить від глибини водойми та її прозорості. Фотосинтез є основним процесом утворення органічної речовини в екосистемі.

**Температура води** — важливий фактор, що впливає на метаболізм водних організмів, їх розмноження і здатність до адаптації. Температурні коливання можуть суттєво змінювати рівень кисню у воді та активність організмів.

**Окисно-відновлювальні умови (кисневий режим)** — рівень кисню у воді критично важливий для життєдіяльності риб і безхребетних організмів. Вода повинна містити достатню кількість розчиненого кисню, щоб підтримувати життя консументів.

**Хімічний склад води** — включає в себе вміст різних мінералів, таких як кальцій, магній, натрій, а також рівень органічних і неорганічних розчинених речовин, що впливає на життєдіяльність водних організмів.

**Дно водойми** — складається з різних матеріалів (пісок, глина, мул), що визначають місця для оселення організмів, таких як молюски, черви та інші деструкти, а також впливають на рух води та її аерацію.

Таким чином, біотичні компоненти водної екосистеми утворюють живу частину екосистеми, де організми взаємодіють через різноманітні біологічні процеси, а абіотичні компоненти забезпечують умови для їхнього існування та розвитку.



Розподіл організмів у водних екосистемах здійснюється залежно від їхнього способу життя та взаємодії з навколишнім середовищем. Водні організми традиційно поділяються на три основні групи: планктон, бентос та нектони. Кожна з цих груп має свої особливості, пов'язані з умовами середовища, в якому вони мешкають, а також з їхніми адаптаціями до водного середовища.

## 1. Планктон

**Планктон** — це сукупність дрібних організмів, які дрейфують або переміщуються за допомогою водних потоків і не можуть активно переміщатися проти течії. Планктон може бути як рослинного, так і тваринного походження. Він є основою харчових ланцюгів у водних екосистемах.

Розрізняють два основні види планктону:

**Фітопланктон** — це мікроскопічні рослини (водорості, ціанобактерії), які здійснюють фотосинтез. Вони є основними продуцентами в водних екосистемах, забезпечуючи органічні речовини для споживачів.

**Зоопланктон** — це мікроскопічні тварини (ракоподібні, личинки риб, яйця водних тварин), які живляться фітопланктоном або іншими мікроорганізмами. Зоопланктон є важливою ланкою у харчовому ланцюзі для багатьох видів риб та інших водних тварин.

Особливості планктону:

- Планктон мешкає на поверхні або в приповерхневих шарах води.
- Під впливом течій планктон може переміщатися на великі відстані, але не має сильної здатності до активного пересування.
- Планктон активно розмножується, що забезпечує постійну присутність цього компоненту у водних екосистемах.

## 2. Бентос

**Бентос** — це організми, що живуть на дні водойм або безпосередньо на дні, взаємодіючи з дном водойми. Бентос включає в себе як прикріплені організми, так і тих, що можуть переміщатися по дну. Це основні деструктори органічних матеріалів, які повертають поживні речовини в екосистему.

Основні типи бентосу:

**Фітобентос** — це водорості та інші рослини, що ростуть на дні. Вони отримують енергію через фотосинтез, але ростуть тільки в зонах, де є достатнє освітлення.

**Зообентос** — це безхребетні тварини, які мешкають на дні (раки, молюски, черви, личинки комах). Вони виконують роль деструкторів, поїдаючи мертву органіку і розкладаючи її до простих речовин, які можуть бути використані іншими організмами.

Особливості бентосу:

- Бентосні організми часто взаємодіють із ґрунтом або субстратом дна.
- Вони можуть бути прикріпленими до поверхні (наприклад, водорості або молюски) або пересуватися по дну (наприклад, раки або черви).
- Бентосні організми виконують важливу екологічну роль у кругообігу елементів, таких як азот, вуглець, фосфор.

### 3. Нектони

**Нектони** — це організми, які активно переміщуються у воді, здатні подолати значні відстані і часто є хижаками або великими споживачами. Нектони можуть бути як на поверхні води, так і на різних глибинах, залежно від їхньої екологічної ніші.

Основні типи нектона:

**Риби** — більшість риб є нектонними організмами, вони здатні активно переміщуватися в товщі води.

**Морські ссавці** (кити, дельфіни) — ці тварини активно переміщуються у воді і виконують важливу роль у харчових ланцюгах морських екосистем.

**Безхребетні нектонні організми** (кальмари, деякі види ракоподібних).

Особливості нектона:

- Нектони мають здатність активно пересуватися, використовуючи свої спеціалізовані рухові органи (плавники, ласти, хвости).
- Вони можуть пристосовуватися до різних середовищ: від поверхневих вод до глибинних зон.
- Нектони часто займають високі трофічні рівні в харчових ланцюгах, будучи хижаками або великими споживачами.

**Вертикальна структура водних екосистем** визначає розподіл організмів та умов життя в залежності від глибини води. Вона базується на різних фізико-хімічних властивостях води, таких як температура, освітленість, концентрація кисню та поживних речовин. Ця структура є важливою для розуміння екології водних екосистем, оскільки різні шари води мають свої специфічні умови, що впливають на життя організмів.

#### 1. Епіпелагіаль

**Епіпелагіаль** — це поверхневий шар води, який зазвичай знаходиться на глибині до 200 метрів. Він є найосвітленішим шаром і підтримує найвищу біологічну продуктивність.

Особливості епіпелагіалю:

- Цей шар отримує достатньо світла для фотосинтезу, що дозволяє зростати фітопланктону, водоростям та іншим продуцентам. Освітлення зменшується з глибиною, тому глибші шари отримують менше світла.
- Температура води в епіпелагіалі варіюється залежно від сезону і широти, але в цілому вона є найвищою в порівнянні з іншими шарами.

- В епіпелагіалі зосереджене найбільше біорізноманіття, оскільки цей шар є середовищем для планктону (як фітопланктону, так і зоопланктону), а також для численних видів риб та інших тварин. Тут активно функціонують харчові ланцюги, де продуценти (водорості та бактерії) підтримують високий рівень трофічних взаємодій.

## 2. Мезопелагіаль

**Мезопелагіаль** — це наступний шар води, що знаходиться на глибинах від 200 до 1000 метрів. У цьому шарі освітленість значно зменшується, тому фотосинтез тут не можливий.

Особливості мезопелагіалю:

- Цей шар знаходиться в зоні недостатнього освітлення або майже повної темряви. Таким чином, рослини тут не можуть здійснювати фотосинтез, а організми залежні від органічних речовин, що поступають з верхніх шарів.

- Температура води в мезопелагіалі знижується порівняно з епіпелагіалем і може бути досить холодною.

- У цьому шарі мешкають організми, які пристосувалися до життя в умовах темряви та холоду. Це можуть бути різні види риб, безхребетних, а також хижаків, що живляться падальними організмами, які спускаються з верхніх шарів. У мезопелагіалі також існують адаптовані до темряви організми, наприклад, деякі види кальмарів і риб, які мають біolumінесценцію.

## 3. Батіпелагіаль

**Батіпелагіаль** розташований на глибинах від 1000 до 4000 метрів. Тут вода є майже повністю темною, а температура є постійно низькою.

Особливості батіпелагіалю:

- У цьому шарі відсутнє природне освітлення, тому організми не можуть здійснювати фотосинтез.

- Температура води в батіпелагіалі близька до 0°C, що є характерним для глибоких океанів і морів.

- Організми цього шару — це, в основному, адаптовані до екстремальних умов тварини, такі як безхребетні, риби з великими очима для виявлення слабкого світла (біolumінесценція), а також деякі хижаків. Продуктивність цього шару є низькою через відсутність освітлення і відсутність фотосинтетичних організмів.

## 4. Гіпопелагіаль (абісопелагіаль)

**Гіпопелагіаль** — це найглибший шар водної екосистеми, що знаходиться на глибинах понад 4000 метрів. Це зона, де переважають темрява і холод.

Особливості гіпопелагіалю:

- Вода в цьому шарі практично повністю позбавлена світла, і фотосинтетичні організми не можуть існувати.

- Температура води на цих глибинах близька до нуля і стабільна протягом року.

- Організми, що мешкають в гіпопелагіалі, пристосовані до екстремальних умов (температури, тиску). Тут живуть глибоководні риби, бактерії та інші організми, які живляться

органічними рештками, що потрапляють із верхніх шарів, а також тими, що утворюються на дні.

Епіпелагіаль є найбільш продуктивним шаром з високою біорізноманітністю, в той час як глибші шари (мезопелагіаль, батіпелагіаль та гіпопелагіаль) є менш продуктивними, але вони підтримують специфічні адаптовані види, які функціонують за умов низької освітленості і температури.

### 3. Функціонування водних екосистем

**Основні екологічні процеси** — це природні явища, які відбуваються в екосистемах і забезпечують їх функціонування. До таких процесів належать фотосинтез, дихання та продуктивність. Вони взаємопов'язані і взаємодіють між собою, підтримуючи екологічний баланс в системах. Фотосинтез забезпечує енергією продуцентів, дихання дозволяє організмам отримувати необхідну енергію для життєдіяльності, а продуктивність визначає кількість органічної речовини, яка виробляється та використовується в екосистемах, забезпечуючи життєдіяльність всіх організмів.

#### 1. Фотосинтез

Фотосинтез — це процес перетворення світлової енергії в хімічну, який здійснюється в зелених рослинах, водоростях та деяких бактеріях. Основна функція фотосинтезу — виробництво органічних сполук (глюкози) з неорганічних (вуглекислий газ та вода) за допомогою енергії сонячного світла.

Хімічна реакція фотосинтезу:  $6CO_2 + 6H_2O + \text{світло} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

Значення фотосинтезу:

- Завдяки фотосинтезу рослини і водорості стають продуцентами органічних речовин, що стають джерелом енергії для інших організмів — споживачів.
- Фотосинтез забезпечує постійну кількість кисню в атмосфері, що є необхідним для життя багатьох організмів, особливо для тварин, що дихають киснем.
- Фотосинтез є важливим процесом для регулювання рівня вуглекислого газу в атмосфері, який використовується для утворення органічних сполук.

#### 2. Дихання

Дихання — це процес окислення органічних сполук (переважно глюкози) для виділення енергії, необхідної для життєдіяльності організмів. Дихання відбувається у всіх живих організмах, від мікроорганізмів до тварин і рослин.

Хімічна реакція дихання:  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{енергія}$

Значення дихання:

- Під час дихання організми отримують енергію, необхідну для різних метаболічних процесів, зокрема для росту, розвитку та підтримки життєдіяльності.

- У процесі дихання виділяється вуглекислий газ, який повертається в атмосферу або воду, що використовується рослинами та іншими організмами для фотосинтезу.

### 3. Продуктивність

**Продуктивність** — це швидкість утворення органічної речовини в екосистемі. Вона може бути поділена на два основні типи: первинна продуктивність та вторинна продуктивність.

Первинна продуктивність — це процес утворення органічних сполук з неорганічних (вуглекислий газ, вода, мінерали) за допомогою енергії сонячного світла або хімічних реакцій. Це відбувається внаслідок фотосинтезу рослин і водоростей.

Груба первинна продуктивність (GPP) — загальна кількість енергії, яку продуценти (рослини, водорості) отримують через фотосинтез.

Нета первинна продуктивність (NPP) — це частина грубої первинної продуктивності, яка залишається після того, як частина енергії витрачається на власні потреби рослин (дихання).  $NPP = GPP - \text{енергія, витрачена на дихання}$ .

Вторинна продуктивність — це швидкість утворення нової біомаси організмами споживачами (тваринами, мікроорганізмами), які поїдають рослини або інших тварин. Вона включає в себе біомасу, накопичену в результаті харчування.

Значення продуктивності:

- Первинна продуктивність є основою для всіх наступних рівнів в харчових ланцюгах, починаючи від рослин до великих хижаків.
- Продуктивність є показником здоров'я екосистеми, оскільки висока продуктивність означає, що система здатна підтримувати більшу біомасу та різноманіття організмів.

**Енергетичні потоки у водних екосистемах** — це переміщення енергії від сонця через ланцюги живлення, перетворюючись на біомасу організмів на кожному трофічному рівні.

**Трофічні рівні** — це положення організму в ланцюгу живлення, яке визначається його харчовими зв'язками з іншими організмами.

Все починається з сонячної енергії, яку поглинають водорості та інші водні рослини (продуценти). Продуценти перетворюють сонячну енергію на хімічну, створюючи органічні речовини (їжу).

Ланцюги живлення:

Перший трофічний рівень: Продуценти (фітопланктон, водорості).

Другий трофічний рівень: Рослиноїдні тварини (зоопланктон, деякі риби).

Третій та наступні трофічні рівні: Хижаки (риби, морські ссавці).

Коли один організм з'їдає іншого, лише частина енергії передається на наступний трофічний рівень. Решта витрачається на життєдіяльність організму або втрачається у вигляді тепла. Бактерії та гриби розкладають мертву органіку, повертаючи неорганічні речовини в екосистему, що дозволяє розпочати новий цикл.

Розуміння енергетичних потоків та трофічних рівнів допомагає:

- Визначити, скільки біомаси може бути вироблено в екосистемі.
- Оцінити, як різні види діяльності людини впливають на водні екосистеми та їхню продуктивність.
- Розробити стратегії збереження водних екосистем та їхніх мешканців.
- Визначити оптимальні улови, щоб не виснажити рибні запаси.

Кругообіг речовин у водних екосистемах – це безперервний процес переміщення та трансформації хімічних елементів між живими організмами та неживою природою. Цей циклічний процес є основою для підтримки життя у водоймах і тісно пов'язаний з енергетичними потоками.

Ключові елементи кругообігу:

- 1) Вода: основна складова водних екосистем. Вода випаровується з поверхні водойм, конденсується в атмосфері і випадає у вигляді опадів, повертаючись у водойму.
- 2) Вуглець: потрапляє у воду з атмосфери (розчинення CO<sub>2</sub>), а також з органічними речовинами, що потрапляють у воду. Використовується рослинами для фотосинтезу, передається по харчових ланцюгах і повертається у воду при розкладанні органічних речовин.
- 3) Кисень: виробляється водними рослинами під час фотосинтезу, використовується усіма живими організмами для дихання і повертається у воду при розкладанні органічних речовин.
- 4) Азот: потрапляє у воду з атмосфери (фіксація азоту бактеріями), а також з органічними речовинами. Використовується організмами для синтезу білків і нуклеїнових кислот.
- 5) Фосфор: потрапляє у воду з розчинення гірських порід і органічних речовин. Необхідний для синтезу нуклеїнових кислот і АТФ.

Основні процеси кругообігу:

- 1) Фотосинтез: водні рослини поглинають світлову енергію, вуглекислий газ і воду, синтезуючи органічні речовини і виділяючи кисень.
- 2) Дихання: всі живі організми споживають кисень, окислюють органічні речовини і виділяють вуглекислий газ.
- 3) Розкладання: бактерії та гриби розкладають мертву органіку, мінералізуючи її і повертаючи неорганічні речовини у воду.
- 4) Випадання опадів: органічні речовини, що містяться у воді, можуть осідати на дно, утворюючи осадові породи.

Фактори, що впливають на кругообіг речовин:

- 1) Температура води: впливає на швидкість біохімічних реакцій.
- 2) Кислотність води: впливає на розчинність речовин і активність мікроорганізмів.
- 3) Рух води: сприяє перемішуванню води і розподілу речовин.



4) Забруднення: внесення сторонніх речовин може порушити природний баланс кругообігу.

Значення кругообігу речовин:

- 1) Забезпечує постійне оновлення ресурсів, необхідних для життєдіяльності організмів.
- 2) Природні процеси кругообігу сприяють розкладанню забруднень.
- 3) впливає на вміст вуглекислого газу в атмосфері і, відповідно, на глобальні кліматичні процеси.

Порушення кругообігу речовин:

- 1) Призводить до накопичення токсичних речовин у воді, порушення харчових ланцюгів і загибелі організмів.
- 2) Спричиняє евтрофікацію водойм – надмірне розмноження водоростей, що призводить до дефіциту кисню і загибелі інших організмів.
- 3) Зміна температури води і кількості опадів впливає на швидкість біохімічних процесів і розподіл організмів.

#### 4. Екологічні фактори та їх вплив на водні організми

**Екологічні фактори** – це сукупність умов неживої та живої природи, які впливають на існування та розвиток організмів. У водних екосистемах ці фактори мають особливе значення, оскільки вода – це середовище життя для величезної кількості організмів.

##### Класифікація екологічних факторів

Абіотичні фактори	Біотичні фактори	Антропогенні фактори
Фізичні: температура води, світло, тиск, рух води (течії), солоність. Хімічні: склад води (кисень, вуглекислий газ, мінеральні речовини), кислотність (pH).	вплив живих організмів один на одного: конкуренція за їжу та життєвий простір, хижацтво, паразитизм, взаємодопомога.	вплив людини на водні екосистеми: забруднення води, зміна русла річок, будівництво гідроелектростанцій.

##### Вплив екологічних факторів на водні організми

Температура впливає на швидкість обміну речовин, розчинність газів у воді, розмноження організмів.

Світло необхідне для фотосинтезу водоростей, визначає вертикальне розподілення організмів у водоймі.

Кислотність впливає на розчинність мінеральних речовин, активність мікроорганізмів.

Солоність визначає видовий склад організмів у прісних та солоних водоймах.

Рух води забезпечує перемішування води, постачання кисню, розподіл поживних речовин.

Забруднення призводить до загибелі організмів, порушення харчових ланцюгів, зміни умов життя.

### Приклади впливу екологічних факторів

Цвітіння води викликане надмірним розмноженням водоростей внаслідок забруднення води органічними речовинами.

Загибель риби може бути викликана зниженням рівня кисню у воді внаслідок забруднення або підвищення температури.

Зміна видового складу внаслідок зміни умов середовища (наприклад, при будівництві греблі).

## 5. Абіотичні фактори

*Абіотичні фактори* – це неживі компоненти середовища, які впливають на живі організми. У водних екосистемах вода є основним середовищем існування, а її фізичні та хімічні властивості відіграють вирішальну роль у формуванні життя.

Температура:

- Впливає на швидкість біохімічних реакцій в організмах.
- Визначає розчинність газів у воді (кисню, вуглекислого газу).
- Впливає на розмноження та розвиток організмів.
- Визначає вертикальне розподілення організмів у водоймі.

Солоність:

- Концентрація солей у воді визначає видовий склад організмів.
- Впливає на осмотичний тиск в клітинах організмів.
- Визначає густину води і, відповідно, плавучість організмів.

Кисневий режим:

- Кисень необхідний для дихання більшості водних організмів.
- Його кількість залежить від температури, тиску, фотосинтезу водоростей та розкладання органічних речовин.

Прозорість води:

- Визначає проникнення світла у воду, що впливає на фотосинтез водоростей і розподілення організмів у товщі води.

### Вплив абіотичних факторів на життєдіяльність організмів

- Кожен вид організмів має певний діапазон толерантності до кожного абіотичного фактора. За межами цього діапазону організми гинуть або не можуть розмножуватися.
- Організми можуть мігрувати, змінювати глибину занурення або активність залежно від змін абіотичних факторів.
- В процесі еволюції організми розвивають різноманітні пристосування до життя у водному середовищі: зябра для дихання, плавці для руху, особливі органи чуття.

Абіотичні фактори тісно взаємопов'язані між собою. Зміна одного фактора може призвести до зміни інших і, як наслідок, до змін у структурі і функціонуванні водних екосистем. З підвищенням температури розчинність газів у воді зменшується, що може призводити до дефіциту кисню, особливо влітку. З підвищенням солоності густина води збільшується, що впливає на плавучість організмів і вертикальне розподілення. Чим прозоріша вода, тим глибше проникає світло і тим інтенсивніше відбувається фотосинтез.

## 6. Біотичні фактори

**Біотичні фактори** - це вплив живих організмів один на одного. У водних екосистемах ці взаємодії відіграють ключову роль у формуванні спільнот та підтримці екологічного балансу.

Вплив живих організмів один на одного

**Хижак-жертва:** Це найпоширеніший тип взаємодії, коли один організм (хижак) полює на іншого (жертву). Цей процес регулює чисельність популяцій і впливає на структуру екосистеми.

**Паразитизм:** Один організм (паразит) живе за рахунок іншого (хазяїна), завдаючи йому шкоди. Паразити можуть бути внутрішніми (наприклад, гельмінти) або зовнішніми (наприклад, піявки).

**Симбіоз:** Це взаємовигідне співжиття різних видів. Існує кілька типів симбіозу:

**Мутуалізм:** Обидва організми отримують взаємну користь (наприклад, лишайники - симбіоз гриба і водорості).

**Коменсалізм:** Один організм отримує користь, а інший не зазнає ні шкоди, ні користі (наприклад, риби-клоуни, які ховаються серед щупалець актиній).

Конкуренція виникає між організмами, які мають схожі екологічні вимоги і використовують одні й ті ж ресурси (їжа, життєвий простір, світло тощо). Вона може бути:

- 1) Внутрішньовидовою: між особинами одного виду.
- 2) Міжвидовою: між особинами різних видів.

Конкуренція впливає на чисельність популяцій, розподіл видів у просторі і часі, а також на формування екологічних ніш.

Приклади біотичних взаємодій у водних екосистемах:

Хижак-жертва: щука - окунь, дельфін - риба.

Паразитизм: риб'яча воша, сосальщики.

Мутуалізм: коралові поліпи і водорості зооксантели.

Конкуренція: різні види риб, що харчуються одним кормом.

## 7. Екологічна валентність

Екологічна валентність – це здатність організму витримувати певну амплітуду коливань факторів навколишнього середовища. Іншими словами, це діапазон умов, в межах яких вид може успішно існувати та розмножуватися.

Знання екологічної валентності допомагає вибрати види, які найкраще адаптовані до конкретних умов культивування. Дозволяє створити оптимальні умови для вирощування обраних видів, мінімізуючи ризики захворювань і смертності. Допомагає передбачити можливі зміни умов середовища та їхній вплив на вирощувані організми. Сприяє створенню стійких аквакультурних систем, здатних протистояти різним стресовим факторам.

Приклади організмів з вузькою та широкою екологічною валентністю

**Стенобіонти:** Організми з вузькою екологічною валентністю, тобто здатні виживати лише в дуже вузькому діапазоні умов.

Приклади: Коралові поліпи, деякі види лосося, які нерестяться лише в холодній чистій воді.

**Еврибіонти:** Організми з широкою екологічною валентністю, тобто здатні виживати в широкому діапазоні умов.

Приклади: Таргани, миші, деякі види коропів.

Види з широкою екологічною валентністю, як правило, швидше адаптуються до змін умов середовища. Еврибіонти більш стійкі до різних стресів, таких як зміни температури, солоності, рівня кисню. Види з широкою екологічною валентністю, як правило, мають ширший ареал поширення. Спадкові ознаки визначають діапазон толерантності організму до різних факторів. Екологічна валентність може змінюватися протягом життя організму. Конкуренція, хижацтво, симбіоз можуть впливати на екологічну валентність. Забруднення води, зміна клімату можуть знизити екологічну валентність багатьох видів.

## 8. Взаємозв'язок абіотичних та біотичних факторів у водних екосистемах

Абіотичні та біотичні фактори в водних екосистемах перебувають у тісному взаємозв'язку, створюючи складну мережу взаємодій. Організми не лише пристосовуються до умов середовища, але й активно впливають на нього.

### *Абіотичні фактори впливають на біотичні:*

Температура впливає на швидкість метаболічних процесів, розмноження, міграції.

Світло визначає продуктивність фотосинтезу, розподіл організмів у водному стовпі.

Солоність впливає на осморегуляцію, видовий склад.

Кислотність впливає на біохімічні процеси, розчинність речовин.

Рух води забезпечує перемішування води, розподіл поживних речовин, кисню.

### ***Біотичні фактори впливають на абіотичні:***

Водорості поглинають CO<sub>2</sub> і виділяють O<sub>2</sub>, змінюючи хімічний склад води.

Бактерії та гриби розкладають органічні рештки, змінюючи хімічний склад води.

Тварини, риючи нори або переміщуючи донні відкладення, змінюють структуру ґрунту і циркуляцію води.

## **9. Значення знань про водні екосистеми для аквакультури**

Знання про водні екосистеми є фундаментальними для успішного розвитку аквакультури. Розуміння взаємозв'язків між організмами та їхнім середовищем дозволяє створювати оптимальні умови для вирощування водних культур, підвищувати їхню продуктивність та зменшувати негативний вплив на довкілля.

Застосування екологічних принципів дозволяє імітувати природні умови шляхом створення штучних водойм, що максимально наближені до природного середовища існування вирощуваних видів, мінімізуючи стрес для організмів та підвищуючи їх виживаність. Оптимізація харчування, що базується на розумінні харчових потреб різних видів та їх взаємодії з навколишнім середовищем, дозволяє розробити раціони, що максимально відповідають фізіологічним потребам організмів. Контроль за фізико-хімічними параметрами води, такими як температура, солоність, кислотність, вміст розчиненого кисню, дозволяє створити оптимальні умови для росту і розвитку культивованих організмів. Знання про взаємодію між організмами та патогенами дозволяє розробити ефективні профілактичні заходи та методи лікування хвороб.

Впровадження екологічно чистих технологій аквакультури дозволяє зберегти біорізноманіття водних екосистем і мінімізувати негативний вплив на довкілля. Оптимізація умов для вирощування водних організмів з урахуванням екологічних факторів передбачає вибір видів для культивування з урахуванням їх екологічних вимог та адаптаційних можливостей, контроль щільності посадки для уникнення конкуренції за ресурси та зниження продуктивності, забезпечення достатнього простору для руху, створення умов для розмноження та забезпечення біологічної різноманітності шляхом введення в систему аквакультури різних видів організмів. Прикладами застосування екологічних принципів в аквакультурі є системи біофільтрації, полікультура та рециркуляційні системи. Знання про водні екосистеми є невід'ємною частиною сучасної аквакультури. Застосування екологічних принципів дозволяє підвищити ефективність виробництва, зберегти природні ресурси та забезпечити сталий розвиток галузі.

## Лекція 3

### Тема: Популяційна екологія. Біорізноманіття та його роль в аквакультури

#### План

1. Поняття популяції та її основні характеристики
2. Значення популяційної екології для аквакультури
3. Структура та динаміка популяцій
4. Поняття екологічної ємності середовища
5. Стратегії виживання популяцій (r- та K-стратегії)
6. Вплив людини на популяції та структуру популяцій
7. Біорізноманіття: визначення та значення
8. Роль біорізноманіття в аквакультури
9. Методи збереження та управління біорізноманіттям в аквакультури
10. Сучасні виклики та перспективи розвитку аквакультури щодо біорізноманіття

#### 1. Поняття популяції та її основні характеристики.

**Популяція** – це сукупність особин одного виду, які займають певну територію, вільно схрещуються між собою і відносно ізольовані від інших популяцій того ж виду. Іншими словами, це група організмів, що має спільний генофонд та еволюціонує як єдине ціле.

Основні характеристики популяції:

**Чисельність** - це загальна кількість особин у популяції. Чисельність може змінюватися в часі під впливом різних факторів (народжуваність, смертність, міграція).

**Щільність** - це кількість особин на одиницю площі або об'єму. Щільність залежить від виду організму, доступності ресурсів та інших факторів середовища.

**Ареал** – це територія, яку займає популяція.

#### 2. Значення популяційної екології для аквакультури

Завдяки знанню про оптимальну щільність популяції для кожного виду можна уникнути конкуренції за ресурси, зменшити ризик поширення хвороб та підвищити ефективність використання простору. Розуміння факторів, що впливають на ріст популяції (народжуваність, смертність, міграція), дозволяє прогнозувати динаміку чисельності та своєчасно коригувати умови утримання. Популяційна екологія допомагає створювати більш стійкі екосистеми в ставках шляхом підбору видів, які можуть співіснувати без шкоди один для одного. Знання про поширення хвороб у популяціях та фактори, що сприяють їхньому розвитку, дозволяє розробити ефективні профілактичні заходи. Застосування принципів популяційної екології допомагає мінімізувати негативний вплив аквакультури на навколишнє середовище.



За допомогою популяційної екології можна оцінити, які види найкраще адаптовані до конкретних умов вирощування та які види можуть співіснувати в одній системі. Нання про харчові потреби різних вікових груп та статей дозволяє розробити раціони, що забезпечують оптимальний ріст і розвиток організмів. Регулярний моніторинг дозволяє виявити ранні ознаки захворювань та вжити необхідних заходів. За допомогою популяційної екології можна оцінити, як популяції реагують на зміни умов середовища (температура, солоність, забруднення).

### 3. Структура та динаміка популяцій

**Віковий склад.** Співвідношення особин різних вікових груп у популяції. Він впливає на темпи розмноження, смертність та загальну життєздатність популяції.

**Статевий склад.** Співвідношення особин чоловічої та жіночої статі. Від нього залежить потенціал розмноження популяції.

**Просторовий склад.** Розподіл особин у просторі. Може бути рівномірним (особи розташовані на однаковій відстані одна від одної), випадковим (розподіл особин не має певної закономірності) або груповим (особи об'єднуються в групи).

Чинники, що впливають на чисельність популяцій:

**Народжуваність.** Кількість нових особин, які з'являються в популяції за певний період часу. Вона залежить від багатьох факторів, таких як вік статевозрілих особин, частота розмноження, кількість потомства тощо.

**Смертність.** Кількість особин, які гинуть у популяції за певний період часу. Смертність може бути викликана різними причинами: хворобами, хижацтвом, нестачею їжі, несприятливими умовами середовища.

**Імміграція.** Прихід нових особин в популяцію з інших популяцій.

**Еміграція.** Вихід особин з популяції в інші популяції.

**Динаміка популяції** – це зміна її чисельності та інших характеристик з часом. Вона залежить від взаємодії між народжуваністю, смертністю, імміграцією та еміграцією, а також від впливу різних факторів середовища.

### 4. Поняття екологічної ємності середовища

**Екологічна ємність середовища** – це максимальна кількість особин певного виду, яку може постійно підтримувати дане середовище, забезпечуючи їх усіма необхідними ресурсами для виживання та розмноження. Іншими словами, це своєрідна "місткість" екосистеми щодо певного виду.

Екологічна ємність середовища визначається наявністю ресурсів, необхідних для виживання виду (їжа, вода, місце для проживання), якістю середовища (забруднення,

кліматичні умови, наявність хижаків та паразитів) та взаємодією з іншими видами (конкуренція, хижацтво, паразитизм).

Розуміння екологічної ємності є важливим для збереження біорізноманіття, раціонального використання природних ресурсів, оптимізації процесів в аквакультурі та розробки ефективних стратегій збереження рідкісних і зникаючих видів.

Екологічна ємність не є статичною величиною і може змінюватися під впливом природних (зміна клімату, природні катастрофи) та антропогенних факторів (забруднення, вирубка лісів). Крім того, вона є видоспецифічною та може змінюватися в залежності від взаємодії видів в екосистемі.

## 5. Стратегії виживання популяцій (r- та K-стратегії)

*r- та K-стратегії* – це два протилежні типи адаптацій живих організмів до умов середовища, які впливають на їхній життєвий цикл, розмноження та виживання. Ці стратегії відображають різні шляхи, якими популяції можуть досягти еволюційного успіху.

### Особливості r-стратегів та K-стратегів

<b>r-стратегі</b>	<b>K-стратегі</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Мають високу швидкість розмноження, виробляють велику кількість потомства.</li> <li>• Короткий період життя.</li> <li>• Мала маса тіла.</li> <li>• Низька конкурентоспроможність.</li> <li>• Часто зустрічаються в нестабільних умовах середовища.</li> </ul> <p>Приклад: <b>Риби:</b> Короп, карась, плотва, більшість видів дрібних рибок. <b>Інші водні організми:</b> Водорості, планктон.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Мають низьку швидкість розмноження, виробляють невелику кількість потомства.</li> <li>• Довгий період життя.</li> <li>• Велика маса тіла.</li> <li>• Висока конкурентоспроможність.</li> <li>• Часто зустрічаються в стабільних умовах середовища.</li> </ul> <p>Приклад: <b>Риби:</b> Тунець, лосось, акули. <b>Інші водні організми:</b> Деякі види молюсків, корали.</p>

### Врахування стратегій виживання при вирощуванні організмів в аквакультурі

<b>r-стратегі</b>	<b>K-стратегі</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Швидке зростання і досягнення статевої зрілості.</li> <li>• Висока продуктивність за короткий період.</li> <li>• Вимагають великої кількості корму.</li> <li>• Можуть бути схильні до хвороб.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Повільне зростання і досягнення статевої зрілості.</li> <li>• Висока якість продукції.</li> <li>• Вимагають більш стабільних умов утримання.</li> <li>• Більш стійкі до хвороб.</li> </ul>

Приклади застосування знань про r- та K-стратегії в аквакультурі:

Для інтенсивних систем культивування зазвичай обирають r-стратегів, які швидко ростуть і мають високу плодючість. Для екстенсивних систем більше підходять K-стратегі, які можуть виживати в менш сприятливих умовах.

Для r-стратегів необхідні корми з високим вмістом білка, щоб забезпечити швидке зростання. K-стратегі можуть вимагати більш спеціалізованих кормів.

Для r-стратегів можна використовувати більш високу щільність посадки, ніж для K-стратегів.

Для r-стратегів необхідно забезпечувати більш ретельний моніторинг здоров'я і вживати заходів для профілактики хвороб.

## 6. Вплив людини на популяції та популяційну структуру

Наслідки антропогенного впливу: надмірний вилов, забруднення водних екосистем

Одним з найбільш руйнівних наслідків людської діяльності є надмірний вилов риби та інших водних організмів. Це призводить до зменшення чисельності популяцій, зміни їхньої вікової та статеві структури, а також до порушення харчових ланцюгів в екосистемах.

Скидання промислових та побутових стічних вод, використання пестицидів і добрив у сільському господарстві, а також нафтові забруднення призводять до загибелі водних організмів, руйнування їхніх місць проживання та порушення фізіологічних процесів.

В результаті антропогенного впливу відбуваються значні зміни в популяційній структурі водних організмів. Це проявляється у:

- Зменшенні генетичного різноманіття
- Зміні вікової структури
- Зміні просторового розподілу

Втрата частини популяції призводить до зменшення генетичного різноманіття, що робить популяції більш вразливими до хвороб і змін умов середовища. Переважання молодих або старих особин може негативно вплинути на здатність популяції до відтворення. Знищення місць нересту, кормових угідь та інших важливих біотопів призводить до зміни ареалу популяцій.

Для збереження популяцій водних організмів необхідно вживати комплексних заходів, які включають:

- Створення заповідних територій
- Регулювання рибальства
- Очищення стічних вод
- Відновлення пошкоджених екосистем
- Аквакультура
- Моніторинг стану популяцій

Заповідники та національні парки допомагають зберегти природні екосистеми та забезпечити умови для відновлення популяцій. Введення квот на вилов, встановлення заборон на лов певних видів риби в певні періоди року та в певних місцях. Зменшення забруднення водних екосистем шляхом будівництва очисних споруд і впровадження більш екологічних технологій виробництва. Заходи з відновлення річок, озер і морських екосистем, які постраждали від антропогенного впливу. Розвиток аквакультури може допомогти зменшити

тиск на природні популяції, але при цьому необхідно забезпечити екологічну безпеку цього виду господарської діяльності. Регулярний моніторинг дозволяє оцінювати ефективність заходів зі збереження біорізноманіття і своєчасно коригувати стратегії управління.

## 7. Біорізноманіття: визначення та значення

**Біорізноманіття** – це різноманітність живих організмів на Землі у всій їхній складності, включаючи генетичну різноманітність всередині видів, різноманітність видів та різноманітність екосистем. Це поняття охоплює не лише різноманітність рослин і тварин, але й мікроорганізмів, грибів та інших форм життя.

Біорізноманіття має три основні компоненти:

**Генетичне різноманіття** - це різноманітність генетичного матеріалу всередині виду. Різні особини одного виду мають різні гени, що забезпечують їм різні характеристики та адаптації до умов середовища.

**Видове різноманіття** - це кількість видів, що населяють певну територію або екосистему. Чим більше видів, тим багатша екосистема.

**Екосистемне різноманіття** - це різноманітність екосистем на планеті. Різні екосистеми мають різні умови існування, що призводить до формування унікальних спільнот організмів.

Високе біорізноманіття робить екосистеми більш стійкими до змін. Різні види виконують різні функції в екосистемі, і втрата одного виду може призвести до порушення балансу і навіть до колапсу всієї системи. Біорізноманіття відіграє важливу роль у регуляції таких процесів, як кругообіг речовин і енергії, запилення рослин, розкладання органічних речовин тощо. Біорізноманіття забезпечує нам безліч послуг, таких як очищення води і повітря, регуляція клімату, запилення сільськогосподарських культур, виробництво їжі, ліків і будівельних матеріалів. Кожен вид має право на існування, і збереження біорізноманіття є нашим моральним обов'язком перед майбутніми поколіннями.

Основними загрозами для біорізноманіття є: втрата середовищ існування, надмірна експлуатація природних ресурсів, забруднення довкілля, інвазивні види, зміна клімату.

### 7. Роль біорізноманіття в аквакультури

Високе біорізноманіття робить аквакультурні системи більш стійкими до хвороб, шкідників та інших стресових факторів. Різноманітність видів забезпечує природну регуляцію популяцій, що знижує ризик спалахів хвороб. Різноманітні види можуть ефективніше використовувати ресурси середовища, такі як корм і простір. Наприклад, деякі види можуть переробляти органічні відходи, що покращує якість води і знижує витрати на очищення. Біорізноманіття забезпечує генетичну різноманітність, що дозволяє популяціям адаптуватися до змін умов середовища, таких як зміна температури води, рівня солоності та доступності корму.

Монокультури, тобто вирощування одного виду в аквакультурних системах, несуть ряд ризиків:

- Великі популяції одного виду є більш сприйнятливими до спалахів хвороб, що може призвести до значних економічних втрат.
- Монокультури зменшують біорізноманіття, що може негативно вплинути на функціонування екосистеми в цілому.
- Відсутність різноманітності видів може призвести до порушення харчових ланцюгів і дисбалансу в екосистемі.

Стратегії підтримання біорізноманіття в аквакультурних системах:

- ✓ Полікультура
- ✓ Ротація культур
- ✓ Використання місцевих видів
- ✓ Створення біологічних ставків
- ✓ Захист природних середовищ існування

Вирощування кількох видів у одній системі дозволяє ефективніше використовувати простір і ресурси, а також знижує ризик спалахів хвороб. Регулярна зміна видів, що вирощуються, допомагає уникнути накопичення патогенів і зберегти родючість ґрунту. Вирощування місцевих видів сприяє збереженню генетичного різноманіття і зменшує ризик інтродукції інвазивних видів. Введення в аквакультурні системи рослин і тварин, які можуть очищувати воду і служити кормом для культивованих видів. Збереження природних водних об'єктів, що оточують аквакультурні господарства, сприяє збереженню біорізноманіття і забезпечує постійний обмін генетичним матеріалом.

## 8. Методи збереження та управління біорізноманіттям в аквакультурі

Один із найефективніших способів збереження біорізноманіття в аквакультурі – це інтеграція різних видів у одній системі. Цей підхід, відомий як полікультура, має низку переваг:

- ✓ Збільшення біомаси
- ✓ Зменшення ризику хвороб
- ✓ Імітація природних екосистем

Різні види можуть ефективніше використовувати ресурси середовища, що призводить до збільшення загальної біомаси. Різноманітність видів знижує ризик спалахів хвороб, оскільки патогени менш адаптовані до різних видів. Полікультура дозволяє створити більш природні умови для вирощування водних організмів, що сприяє збереженню біорізноманіття.

Приклади полікультури:

- Вирощування риби разом із водоростями або молюсками.
- Комбінація різних видів риб з різними харчовими потребами.

Для збереження біорізноманіття в аквакультурі необхідно впроваджувати екологічно дружні методи управління:

- ✓ Оптимізація використання кормів
- ✓ Рециркуляція води
- ✓ Біологічна очистка води
- ✓ Енергоефективність

Зменшення кількості незасвоєного корму, який потрапляє у воду, зменшує забруднення і сприяє збереженню якості води. Системи рециркуляції води дозволяють зменшити споживання свіжої води і знизити навантаження на водні ресурси. Використання рослин і мікроорганізмів для очищення води від забруднень. Впровадження енергоефективних технологій дозволяє зменшити споживання енергії і знизити викиди парникових газів.

## **10. Сучасні виклики та перспективи розвитку аквакультури з урахуванням біорізноманіття**

Сучасні дослідження в галузі біорізноманіття та аквакультури зосереджені на пошуку шляхів збалансування потреб у виробництві морепродуктів та збереженні природних екосистем.

Науковці досліджують такі аспекти:

- 1) Розвиток генетичних методів для створення стійких до хвороб та більш продуктивних видів водних організмів.
- 2) Дослідження оптимальних комбінацій видів для полікультури з метою підвищення біорізноманіття та продуктивності систем.
- 3) Розробка технологій для мінімізації впливу аквакультури на навколишнє середовище шляхом повторного використання води та біомаси.
- 4) Розробка інструментів для оцінки впливу аквакультури на біорізноманіття та екосистеми.

Для сталого розвитку аквакультури необхідно впроваджувати такі екологічні інновації:

- ✓ Сертифікація продуктів
- ✓ Співпраця з місцевими громадами
- ✓ Розробка індикаторів сталого розвитку
- ✓ Інвестування в дослідження



## Лекція 4

### Тема: Організація та функціонування екосистеми. Охорона навколишнього середовища в аквакультурі. Водні ресурси: охорона та раціональне використання

#### План

1. Вступ до організації екосистем
2. Функціонування екосистем
3. Роль водних екосистем у глобальних процесах
4. Екологічні проблеми та антропогенний вплив на водні екосистеми
5. Охорона навколишнього середовища в аквакультурі
6. Раціональне використання водних ресурсів
7. Охорона водних ресурсів
8. Відновлення водних екосистем
9. Перспективи сталого використання водних ресурсів в аквакультурі

#### 1. Вступ до організації екосистем

**Екосистема** — це сукупність живих організмів (біоценоз) і середовища їх існування (біотоп), які взаємодіють між собою, утворюючи єдину функціональну систему. Екосистема може бути як природною (ліс, озеро, океан), так і штучною (ставки для аквакультури, сільськогосподарські угіддя). Основною особливістю екосистеми є те, що вона саморегулюється і підтримує баланс між різними компонентами.

Основні компоненти екосистеми включають:

Біотичні компоненти — живі організми, що населяють екосистему. Вони поділяються на три основні групи:

Продуценти (автотрофи) — організми, які створюють органічні речовини з неорганічних (рослини, водорості).

Консументи (гетеротрофи) — тварини та інші організми, які живляться готовими органічними речовинами.

Редуценти (деструктори) — бактерії та гриби, які розкладають органічні рештки до неорганічних речовин.

Абіотичні компоненти — неживі елементи середовища, такі як сонячне світло, вода, повітря, ґрунт, мінерали. Вони забезпечують необхідні умови для існування біотичних компонентів.

Екосистеми мають ієрархічну структуру, яка включає декілька рівнів організації життя:

Окремі організми — базова одиниця, що взаємодіє із середовищем та іншими організмами.

Популяція — група особин одного виду, які мешкають на певній території та взаємодіють між собою.

Види — сукупність популяцій, які мають спільне походження і можуть схрещуватись для отримання життєздатного потомства.

Угруповання (біоценоз) — сукупність різних популяцій, що співіснують у певному середовищі і взаємодіють між собою.

Екосистема (біогеоценоз) — функціональне об'єднання біоценозу та абіотичного середовища.

Біосфера — глобальна екосистема Землі, що охоплює всі живі організми та середовище їх існування.

## 2. Функціонування екосистеми

**Функціонування екосистеми** — це складний процес, що включає взаємодію між організмами та абіотичними факторами, обмін енергією і кругообіг речовин. Основними аспектами функціонування є енергетичні потоки, біогеохімічні цикли та трофічна структура.

Енергетичний потік в екосистемі — це процес передачі енергії від одного трофічного рівня до іншого. Джерелом більшості енергії на Землі є сонячна енергія, яку продуценти (рослини, водорості) перетворюють у хімічну енергію через процес фотосинтезу.

Первинна продуктивність — це кількість органічної речовини, створеної автотрофами (продуцентами) за одиницю часу.

Груба первинна продуктивність (GPP) — загальна кількість енергії, захопленої продуцентами.

Чиста первинна продуктивність (NPP) — енергія, що залишається після витрат на дихання і доступна для консументів.

Вторинна продуктивність — це кількість енергії, яку консументи отримують і перетворюють у власну біомасу. Вона залежить від ефективності перетравлення їжі та швидкості росту організмів.

Енергія, що передається між трофічними рівнями, поступово зменшується, оскільки значна її частина втрачається у вигляді тепла під час метаболічних процесів.

Біогеохімічні цикли забезпечують циркуляцію хімічних елементів між живими організмами та навколишнім середовищем. Найважливішими є кругообіги вуглецю, азоту та фосфору.

### Кругообіг вуглецю

Вуглець є основою всіх органічних сполук. Його цикл включає фотосинтез, дихання, розкладання органічних речовин і процеси горіння.

- Рослини поглинають CO<sub>2</sub> під час фотосинтезу.
- Тварини отримують вуглець, споживаючи рослини або інших тварин.
- Дихання і розкладання повертають CO<sub>2</sub> в атмосферу або воду.

## Кругообіг азоту

Азот необхідний для синтезу білків і ДНК. Основні процеси кругообігу:

- Нітрогенфіксація — перетворення атмосферного азоту ( $N_2$ ) у доступні для рослин сполуки (аміак).
- Нітрифікація — окислення аміаку до нітратів.
- Денітрифікація — повернення азоту в атмосферу у вигляді газу.

## Кругообіг фосфору

Фосфор є важливим компонентом ДНК, РНК і АТФ. Цикл фосфору не включає газоподібну фазу:

- Фосфати вивільняються з гірських порід і поглинаються рослинами.
- Тварини отримують фосфор з їжею.
- Після розкладання організмів фосфати повертаються в ґрунт і воду.

### 3. Роль водних екосистем у глобальних процесах

Водні екосистеми, особливо океани, є основними регуляторами клімату на планеті. Вони поглинають і накопичують велику кількість сонячного тепла, стабілізуючи температуру Землі. Океани є ключовим компонентом глобального вуглецевого циклу, оскільки вони поглинають приблизно 30% антропогенного вуглекислого газу ( $CO_2$ ) з атмосфери, зменшуючи його концентрацію та стримуючи парниковий ефект. Випаровування води з поверхні океанів сприяє утворенню хмар, що впливає на опади та кліматичні умови у різних регіонах. Крім того, водні екосистеми підтримують циркуляцію води у глобальному масштабі через гідрологічний цикл.

Водні організми, особливо фітопланктон, відіграють важливу роль у підтриманні екологічного балансу. Фітопланктон здійснює близько 50% глобального фотосинтезу, виробляючи кисень і поглинаючи вуглекислий газ. Це має вирішальне значення для підтримання хімічного складу атмосфери. Водні рослини і мікроорганізми також беруть участь у процесах самоочищення водойм, розкладаючи органічні речовини та переробляючи забруднювачі. Багато водних організмів, таких як молюски і ракоподібні, фільтрують воду, видаляючи з неї дрібні частинки і токсини, що сприяє збереженню якості води. Водночас хижі і детритофаги контролюють чисельність популяцій інших видів, забезпечуючи екосистемну рівновагу.

Водні і наземні екосистеми тісно пов'язані між собою через обмін речовин, енергії та організмів. Річки і струмки переносять поживні речовини з суші у моря та океани, впливаючи на продуктивність прибережних екосистем. Ліси та інші наземні рослинні покриви, в свою чергу, забезпечують стік води та підтримують гідрологічний цикл. Болотні екосистеми відіграють роль у регуляції стоку дощової води та зменшенні ризику повеней. Також багато видів тварин, таких як перелітні птахи, використовують як наземні, так і водні середовища для різних фаз свого життєвого циклу.

Втрата або деградація водних екосистем, таких як річки, озера та океани, може спричинити серйозні наслідки для наземних екосистем через зниження біорізноманіття, погіршення якості води і зміну кліматичних умов. Тому збереження водних екосистем є

критично важливим для забезпечення стабільності глобальної екосистеми і підтримання життя на планеті.

#### 4. Екологічні проблеми та антропогенний вплив на водні екосистеми

Екологічні проблеми та антропогенний вплив на водні екосистеми є однією з найактуальніших тем сучасної екології, оскільки водні ресурси зазнають значного впливу людської діяльності. Це створює серйозні загрози для біорізноманіття, якості води та стійкості екосистем.

**Забруднення водних екосистем** є однією з головних проблем. До основних джерел забруднення належать промислові відходи, сільськогосподарські стоки, побутові відходи та пластик. Токсичні речовини, такі як важкі метали, нафтопродукти та пестициди, потрапляючи у водойми, негативно впливають на здоров'я водних організмів, викликають їх загибель і накопичуються у харчових ланцюгах. Евтрофікація, спричинена надлишковим надходженням поживних речовин (азоту і фосфору), призводить до масового розвитку водоростей і зниження рівня кисню у воді, що загрожує екосистемам загибеллю риби та інших організмів.

**Зміна клімату** також має значний вплив на водні екосистеми. Підвищення температури води спричиняє зміни у розподілі видів, скорочення ареалів холодолюбних організмів і збільшення кількості інвазивних видів. Танення льодовиків і підвищення рівня моря загрожують прибережним екосистемам, таким як мангрові ліси та коралові рифи. Крім того, зміна клімату впливає на частоту і силу екстремальних погодних явищ, що призводить до ерозії берегів і руйнування природних середовищ.

**Надмірний вилов риби** ставить під загрозу стійкість рибних запасів і призводить до виснаження популяцій. Деякі види риб і морських ссавців опинилися на межі вимирання через неконтрольований промисловий вилов. Траловий вилов руйнує морське дно, знищуючи місця існування багатьох організмів. Неконтрольований вилов також впливає на трофічні ланцюги, порушуючи природний баланс екосистем.

**Антропогенний вплив на водні екосистеми** має низку негативних наслідків. Забруднення призводить до зниження якості води, що впливає не лише на екосистеми, але й на здоров'я людей. Зникнення видів і зниження біорізноманіття робить екосистеми менш стійкими до змін і знижує їхню здатність до саморегуляції. Деградація середовищ існування, таких як коралові рифи і прибережні зони, зменшує природний захист від штормів і затоплень. Втрата продуктивності водних екосистем також впливає на продовольчу безпеку, оскільки багато спільнот залежить від рибальства.

Аквакультура може відігравати важливу роль у збереженні та відновленні водних екосистем за умови дотримання екологічно стійких підходів. Вона дозволяє зменшити тиск на природні популяції риб завдяки вирощуванню риби, моллюсків і водоростей у контрольованих умовах. Відповідальна аквакультура може забезпечити відновлення популяцій шляхом випуску молоді у природні водойми (репопуляція). Крім того, аквакультурні системи можуть використовуватися для біоочищення води: деякі види моллюсків і водоростей здатні фільтрувати і очищати воду від забруднень.

Сталий розвиток аквакультури передбачає мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище, зокрема за рахунок ефективного управління відходами, оптимізації кормової бази та впровадження екологічно чистих технологій. Інтегровані аквакультурні

системи, які поєднують вирощування різних видів (наприклад, риби і водоростей), сприяють підтриманню екологічного балансу і підвищенню продуктивності без шкоди для довкілля.

## 5. Охорона навколишнього середовища в аквакультурі

Сталий розвиток аквакультури базується на балансі між економічною ефективністю, екологічною безпекою та соціальною відповідальністю. Основні принципи включають мінімізацію негативного впливу на довкілля, збереження біорізноманіття, ефективне використання ресурсів і забезпечення добробуту місцевих громад. Стале аквакультурне господарство повинне враховувати екологічні особливості регіону, використовувати відновлювані ресурси та сприяти відновленню природних популяцій водних організмів.

**Інтегрована багатовидова аквакультура (ІБА)** — це система, у якій разом вирощують кілька видів водних організмів, що взаємодіють між собою. Наприклад, у ставку можна вирощувати рибу, молюсків і водорості. Риби споживають корм, молюски фільтрують воду, а водорості поглинають поживні речовини, очищаючи середовище. Такий підхід підвищує ефективність використання ресурсів і знижує рівень забруднення.

**Використання біофільтрів** є важливим методом очищення води в аквакультурі. Біофільтри складаються з бактерій і інших мікроорганізмів, які розкладають органічні речовини і перетворюють токсичні сполуки, такі як аміак, на менш шкідливі форми. Біофільтрація зменшує ризик забруднення навколишнього середовища і забезпечує якісну воду для вирощування організмів.

**Контроль викидів** передбачає зменшення кількості відходів, що потрапляють у природні водойми. Це досягається шляхом впровадження замкнених систем водопостачання (рециркуляційних аквакультурних систем), які дозволяють очищати і повторно використовувати воду. Також важливо контролювати використання кормів і мінімізувати залишки, що можуть спричинити евтрофікацію.

Для зменшення впливу аквакультури на довкілля необхідно впроваджувати комплексні стратегії управління

- 1) використання екологічно чистих кормів, мінімізація втрат і оптимізація раціонів для зменшення забруднення.
- 2) застосування природних методів боротьби зі шкідниками та хворобами, таких як біологічні агенти або пробіотики.
- 3) аквакультурні господарства можуть сприяти відновленню деградованих екосистем шляхом випуску молоді риб і підтримки природних популяцій.
- 4) зменшення використання енергії та впровадження відновлюваних джерел, таких як сонячні панелі.
- 5) регулярний контроль якості води та впровадження систем для утилізації органічних відходів.

## 6. Раціональне використання водних ресурсів

Раціональне використання водних ресурсів означає ефективне і дбайливе використання води з мінімальними втратами та впливом на навколишнє середовище. Це передбачає оптимізацію водоспоживання, повторне використання води і зменшення забруднення. У контексті аквакультури раціональне використання води допомагає забезпечити стабільне виробництво риби та інших водних організмів, зберігаючи екосистеми і водні ресурси для

майбутніх поколінь. Воно також сприяє зниженню витрат на водопостачання та очищення, що робить аквакультурне виробництво більш рентабельним.

Для зменшення водоспоживання в аквакультурі застосовують різні методи оптимізації. Серед них:

1. **Рециркуляція води.** У сучасних аквакультурних системах вода очищується і повторно використовується. Це дозволяє значно зменшити потребу у свіжій воді, знизити витрати і мінімізувати викиди забруднень у навколишнє середовище.

2. **Контроль випаровування.** Відкриті водойми зазнають значних втрат води через випаровування. Використання покриттів або створення закритих систем допомагає зменшити ці втрати.

3. **Оптимізація годівлі.** Надлишок корму може забруднювати воду, що потребує частішої її заміни. Рациональне годування зменшує забруднення і, відповідно, потребу у водообміні.

4. **Ефективне управління відходами.** Очищення води від органічних відходів за допомогою біофільтрів або механічних систем дозволяє підтримувати якість води і продовжувати її використання.

### Приклади інноваційних технологій у водозбереженні

Рециркуляційні системи аквакультури (RAS) — це закриті системи, у яких вода очищується і повторно використовується. У таких системах вода проходить через механічні і біологічні фільтри, які видаляють відходи і токсичні речовини. Це дозволяє підтримувати стабільну якість води і значно скорочує її споживання порівняно з традиційними методами.

Замкнуті системи передбачають використання повністю ізольованих від зовнішнього середовища водойм або резервуарів, що дозволяє повністю контролювати всі параметри води. Такі системи використовують мінімальну кількість води і знижують ризик забруднення навколишнього середовища. Вони часто поєднуються з інтенсивними технологіями аерації, автоматичного годування та моніторингу якості води.

Аквапоніка — це інноваційна технологія, що поєднує аквакультуру і гідропоніку (вирощування рослин у водному середовищі). Вода з аквакультурної системи, збагачена поживними речовинами, використовується для поливу рослин. Рослини, своєю чергою, очищають воду, яка повертається назад у систему. Такий підхід дозволяє зменшити водоспоживання і створювати замкнуті, екологічно чисті виробничі цикли.

Використання сенсорів і автоматизованих систем контролю допомагає в реальному часі моніторити якість води і керувати її використанням. Технології дозволяють точно регулювати подачу води і оперативно реагувати на будь-які зміни параметрів.

### 7. Охорона водних ресурсів

Водні ресурси є основою для функціонування екосистем, забезпечуючи життєдіяльність рослин, тварин і мікроорганізмів. Вони виконують важливі екологічні функції, такі як підтримка біорізноманіття, регуляція водного циклу та клімату, а також надають середовище існування для багатьох видів. В аквакультурі вода є основним середовищем для вирощування риби, молюсків, ракоподібних та водоростей. Якість і кількість водних ресурсів безпосередньо впливають на продуктивність аквакультури, здоров'я організмів і екологічну безпеку господарств.



Охорона водних ресурсів регулюється на національному та міжнародному рівнях. Основними документами є:

Водна рамкова директива ЄС (2000/60/ЄС) — основний нормативний акт, який встановлює стандарти щодо захисту та управління водними ресурсами в Європі. Вона передбачає досягнення «доброго стану» водних об'єктів і контролює забруднення.

Конвенція про охорону і використання транскордонних водотоків і міжнародних озер (Хельсінська конвенція, 1992) — спрямована на управління водними ресурсами, що перетинають державні кордони, та їх охорону.

Конвенція ООН про біологічне різноманіття (1992) — охоплює заходи щодо збереження водних екосистем і сталого використання їх ресурсів.

Водний кодекс України — регулює питання раціонального використання, охорони та відтворення водних ресурсів на національному рівні. Закон визначає права і обов'язки у сфері водокористування та відповідальність за порушення норм охорони вод.

Громади та громадські організації відіграють важливу роль у збереженні водних ресурсів. Вони здійснюють моніторинг стану водойм, проводять кампанії з підвищення екологічної свідомості та залучають населення до заходів зі збереження водних об'єктів. Активна участь громад у вирішенні місцевих екологічних проблем сприяє підвищенню ефективності природоохоронних заходів і забезпечує прозорість у прийнятті рішень.

Громадські організації, такі як WWF (Всесвітній фонд природи) та Greenpeace, реалізують міжнародні програми з охорони водних екосистем, впроваджують проекти з відновлення річок і водойм та підтримують наукові дослідження. Локальні ініціативи включають очищення водойм, контроль за несанкціонованими скидами та захист природних заповідних територій.

## 8. Відновлення водних екосистем

Процеси відновлення водних екосистем включають ряд заходів, спрямованих на відновлення природної рівноваги і поліпшення якості води. Це може бути як пасивне відновлення, коли екосистема має можливість відновитися самостійно, так і активне, коли вживаються спеціальні заходи для прискорення відновлення.

Пасивне відновлення включає зменшення антропогенного навантаження, таких як зупинення забруднення, очищення води, зменшення вилову риби чи інших організмів.

Активне відновлення включає проекти з реконструкції водних середовищ, створення нових біотопів або відновлення природних процесів. Це може включати створення нових лагун, заповідних зон, зменшення впливу інвазивних видів чи розробку технологій для очищення води.

Існує кілька ефективних практичних заходів для відновлення деградованих водних екосистем:

Створення штучних рифів — це один із способів відновлення біорізноманіття в морських екосистемах. Штучні рифи допомагають підтримувати види риб і морських

організмів, що зникають через руйнування природних рифів, таких як коралові рифи. Вони можуть служити як місце для нересту і притулок для молоді риб.

Посадка водної рослинності — водні рослини виконують ключову роль у збереженні водних екосистем, очищуючи воду, знижуючи рівень забруднення та створюючи умови для життя багатьох водних організмів. Відновлення популяцій водоростей, очерету та інших водних рослин покращує структуру біотопів і сприяє стабільності екосистем.

Збереження природних нерестовищ — важливо зберігати або відновлювати природні місця для нересту риб та інших водних організмів, такі як річкові мілководдя, прибережні зони і мангрові ліси. Це сприяє відновленню популяцій і забезпеченню стабільних природних процесів у водних екосистемах.

### **Приклади успішних проектів відновлення водойм**

Відновлення Каспійського моря: у рамках проектів з охорони екосистем Каспійського моря було реалізовано кілька заходів з відновлення екологічної рівноваги, включаючи боротьбу з інвазивними видами та очистку вод від забруднень.

Проект відновлення річки Рейн: у Німеччині було проведено масштабну реконструкцію річки Рейн для поліпшення якості води, збереження природних біотопів та покращення умов для риб. Це включало очищення води, створення нових водно-болотних угідь і збереження природних місць нересту.

Проекти з відновлення коралових рифів у Червоному морі: в Єгипті та інших країнах Середземномор'я були реалізовані проекти з відновлення коралових рифів, використовуючи технології вирощування штучних рифів та відновлення коралів. Це допомогло не лише відновити біорізноманіття, а й поліпшити стан туризму в цих регіонах.

## **9. Майбутні перспективи сталого використання водних ресурсів у аквакультури**

Однією з основних тенденцій є застосування інноваційних технологій, які дозволяють мінімізувати вплив аквакультури на навколишнє середовище. До таких технологій належать:

Рециркуляційні системи аквакультури (RAS): ці системи дозволяють багаторазово використовувати воду, очищаючи її та зберігаючи її в замкнутому циклі. Це не лише економить водні ресурси, але й значно знижує ризик забруднення навколишнього середовища.

Інтегровані багатовидові системи: комбінація вирощування риби, молюсків і водних рослин у одному господарстві дозволяє оптимізувати використання ресурсів, зменшити забруднення і підвищити продуктивність.

Генетична селекція: завдяки використанню новітніх методів генетичної селекції можна вирощувати рибу та інші водні організми, які мають високу стійкість до хвороб і адаптацію до умов змінного середовища. Це може зменшити потребу у використанні антибіотиків і пестицидів.

Один із напрямків сталого розвитку аквакультури — це інтеграція екологічно безпечних методів вирощування, таких як:

Використання природних фільтрів: застосування біофільтрів, таких як водорості або моллюски, для очищення води, що може зменшити навантаження на навколишнє середовище, знижуючи рівень забруднення.

Енергоефективні технології: використання сонячних, вітрових та інших відновлюваних джерел енергії для роботи аквакультурних господарств. Це дозволить зменшити вуглецевий слід та сприятиме розвитку сталого виробництва.

Стійкі корми: розробка та використання екологічно чистих кормів, що не включають кормові риби, а замінюються на рослинні або мікробіологічні альтернативи. Це дозволяє знизити тиск на природні рибні ресурси та зменшити забруднення водою кормовими відходами.

Задача сталого розвитку аквакультури не може бути вирішена лише одними технічними або науковими заходами. Важливим є міждисциплінарний підхід, який об'єднує різні галузі науки та практики: екологію, агрономію, біотехнології, інженерію, економіку та соціологію.

Екологічні дослідження допомагають виявити ключові екологічні проблеми, пов'язані з аквакультурою, та розробити ефективні стратегії для збереження водних екосистем.

Соціальні та економічні аспекти дозволяють оцінити вплив аквакультури на місцеві громади та економіку, визначити стратегії для забезпечення сталого розвитку галузі, що включає створення робочих місць і збереження ресурсів.

Політика та управління допомагають розробити ефективні нормативно-правові акти та стандарти, що регулюють діяльність аквакультури, зокрема щодо охорони водних ресурсів та забруднення.

## Лекція 5

**Тема: Екологічні принципи сталого розвитку аквакультури. Вплив забруднення на водні екосистеми та здоров'я гідробіонтів**

### План

1. Концепція сталого розвитку та її значення для аквакультури.
2. Основні екологічні принципи сталого розвитку: Збереження ресурсів, мінімізація відходів та підтримка біорізноманіття.
3. Відновлюваність ресурсів: принципи та приклади раціонального водокористування.
4. Роль систем оборотного водопостачання у зменшенні споживання води.
5. Екологічно чисті технології в аквакультурі.
6. Біорізноманіття та його значення для стійкості аквакультури
7. Забруднення водних екосистем та його основні види
8. Вплив забруднення на водні організми та екосистеми
9. Вплив евтрофікації на водні екосистеми
10. Оцінка ризиків та моніторинг водних екосистем

#### **1. Концепція сталого розвитку та її значення для аквакультури.**

Аквакультура, як одна з найбільш динамічних галузей виробництва продовольства, відіграє важливу роль у забезпеченні глобальної продовольчої безпеки. Однак її інтенсивний розвиток може мати негативний вплив на навколишнє середовище, що робить принципи сталого розвитку особливо важливими для цієї сфери.

#### **Екологічний аспект**

Сталий розвиток аквакультури передбачає мінімізацію впливу на довкілля. Це включає раціональне використання водних ресурсів, зниження забруднення водойм, запобігання деградації природних екосистем та збереження біорізноманіття. Важливими є впровадження екологічно чистих технологій, таких як рециркуляційні системи, біофільтрація та інтегрована багатовидова аквакультура, яка відтворює природні екосистемні процеси.

#### **Економічний аспект**

Економічна стійкість аквакультури досягається за рахунок ефективного використання ресурсів, зниження витрат на виробництво та впровадження інноваційних технологій. Сталий розвиток передбачає створення прибуткових і конкурентоспроможних аквакультурних підприємств, які не лише забезпечують якісною продукцією внутрішні та зовнішні ринки, а й підтримують місцеву економіку, створюючи робочі місця.

#### **Соціальний аспект**

Аквакультура має враховувати потреби місцевих громад та забезпечувати соціальну справедливість. Це включає дотримання трудових прав працівників, підтримку традиційних рибальських громад, а також сприяння продовольчій безпеці шляхом доступу до здорової та безпечної продукції. Освіта, підготовка кадрів і підвищення екологічної свідомості серед населення є важливими складовими соціальної стійкості.

Для реалізації принципів сталого розвитку в аквакультурі важливо впроваджувати комплексний підхід, що включає:

Раціональне використання ресурсів: оптимізація споживання води, енергії та кормів.

Зниження екологічного сліду: впровадження замкнутих систем, які мінімізують викиди та забруднення.

Інновації та технології: використання сучасних методів моніторингу якості води, генетичних досліджень для підвищення продуктивності та стійкості організмів до хвороб.

Міжнародна співпраця: обмін досвідом і технологіями, а також дотримання міжнародних стандартів у сфері екологічної безпеки.

## **2. Основні екологічні принципи сталого розвитку: Збереження ресурсів, мінімізація відходів та підтримка біорізноманіття.**

Основні екологічні принципи сталого розвитку є основою для гармонійного співіснування людської діяльності та природи. Вони спрямовані на збереження навколишнього середовища для нинішніх і майбутніх поколінь. Три ключові принципи — збереження ресурсів, мінімізація відходів та підтримка біорізноманіття — відіграють вирішальну роль у забезпеченні сталого розвитку, зокрема в галузях, що інтенсивно використовують природні ресурси, таких як аквакультура.

### **Збереження ресурсів**

Цей принцип передбачає раціональне використання природних ресурсів, таких як вода, енергія та біологічні ресурси. Збереження ресурсів є критичним для зниження негативного впливу людської діяльності на довкілля. В аквакультурі це означає оптимізацію споживання води за допомогою рециркуляційних систем, зменшення використання кормів та мінімізацію втрат енергії. Раціональне управління ресурсами не лише забезпечує економічну ефективність, а й сприяє довгостроковій стійкості екосистем.

### **Мінімізація відходів**

Цей принцип полягає у зменшенні кількості відходів, що утворюються в результаті діяльності людини, та впровадженні технологій переробки й повторного використання. В аквакультурі важливо впроваджувати системи очищення води, біофільтрації та переробки відходів виробництва. Відходи можуть бути перетворені на вторинні ресурси, наприклад, органічні відходи можна використовувати як добрива або кормові добавки. Це допомагає зменшити забруднення водойм і знизити екологічний вплив на навколишнє середовище.

### **Підтримка біорізноманіття**

Біорізноманіття є основою для стабільного функціонування екосистем і забезпечує життєво важливі екологічні процеси. Підтримка біорізноманіття включає збереження природних середовищ існування, відновлення деградованих екосистем і запобігання зникненню видів. В аквакультурі це означає впровадження практик, що сприяють збереженню природних популяцій риб, захист екосистем від інвазивних видів та використання методів

інтегрованої багатовидової аквакультури, яка імітує природні біоценози. Підтримка біорізноманіття також забезпечує стійкість аквакультурних систем до захворювань і змін навколишнього середовища.

### **3. Відновлюваність ресурсів: принципи та приклади раціонального водокористування.**

Відновлюваність ресурсів означає здатність природних ресурсів відновлюватися природними процесами або за умови відповідного управління з боку людини. Водні ресурси є одним із найважливіших відновлюваних ресурсів, проте їх відновлення залежить від багатьох факторів, включаючи кліматичні умови, рівень забруднення та обсяги споживання. Раціональне водокористування є ключовим елементом забезпечення стійкості водних ресурсів і мінімізації екологічного впливу.

#### ***Принципи відновлюваності ресурсів***

Збалансоване використання — споживання ресурсів у межах їх природної здатності до відновлення. Це включає контроль за вилученням води з природних джерел і запобігання виснаженню водоносних горизонтів.

Циклічне використання — впровадження технологій повторного використання води в різних процесах. Це знижує потребу у свіжих ресурсах і мінімізує стоки.

Очищення та повернення — очищення забрудненої води перед її поверненням до природних водойм. Такий підхід підтримує екологічну рівновагу та знижує ризики для водних екосистем.

Збереження екосистем — захист природних водних об'єктів, що відіграють важливу роль у кругообігу води, таких як річки, озера та болота.

#### ***Приклади раціонального водокористування***

Рециркуляційні системи аквакультури (RAS) — закриті системи, де вода фільтрується та використовується повторно. Це зменшує споживання прісної води та мінімізує викиди у навколишнє середовище.

Крапельне зрошення — у сільському господарстві цей метод дозволяє подавати воду безпосередньо до коренів рослин, зменшуючи її втрати через випаровування.

Очищення стічних вод — сучасні технології дозволяють очищати промислові й побутові стоки, що дає можливість повторно використовувати їх у технічних цілях або для поливу.

Використання біофільтрів — у природних і штучних водоймах біофільтри очищують воду від органічних речовин та шкідливих сполук, підтримуючи якість води для аквакультури.

Збереження водно-болотних угідь — ці природні системи діють як природні фільтри, які очищують воду, зберігають біорізноманіття та регулюють водний баланс регіонів.



#### **4. Роль систем оборотного водопостачання у зменшенні споживання води.**

Системи оборотного водопостачання відіграють важливу роль у зменшенні споживання води, забезпечуючи її повторне використання в замкнутому циклі. Ці системи дозволяють знизити залежність від зовнішніх джерел води та мінімізувати обсяги стоків, що потрапляють у навколишнє середовище. В аквакультурі, промисловості та сільському господарстві оборотне водопостачання сприяє сталому розвитку, знижуючи навантаження на природні ресурси.

Основна ідея таких систем полягає в тому, що вода, використана в одному процесі, після очищення повертається для повторного використання. Це дозволяє скоротити загальні витрати води, а також зменшити кількість відходів. Наприклад, у рециркуляційних системах аквакультури (RAS) вода очищається за допомогою біофільтрів, механічної фільтрації та аерації, що дозволяє використовувати її багаторазово для вирощування риби або інших водних організмів.

Крім того, системи оборотного водопостачання сприяють зменшенню забруднення довкілля. Очищена вода, яка повертається в цикл, не містить шкідливих речовин, що знижує ризик потрапляння забруднювачів у природні водойми. Це допомагає підтримувати екологічний баланс і зберігати якість водних ресурсів.

#### **5. Екологічно чисті технології в аквакультурі.**

1. Рециркуляційні системи аквакультури (RAS) — замкнуті системи, де вода фільтрується, очищується і використовується повторно. Це знижує потребу у свіжій воді та мінімізує обсяги забруднених стоків. Очищення здійснюється за допомогою механічних фільтрів, біофільтрації та систем аерації.

2. Інтегрована багатовидова аквакультура (ІВА) — поєднання вирощування різних видів водних організмів, таких як риба, молюски та водорості. Відходи одного виду стають ресурсом для іншого, що сприяє зниженню забруднення та підвищенню ефективності системи.

3. Використання біофільтрів — застосування природних або штучних біофільтрів для очищення води від органічних речовин і шкідливих сполук. Це дозволяє підтримувати якість води на стабільному рівні та запобігати евтрофікації водойм.

4. Енергоефективні технології — використання сонячної енергії, вітрових установок та інших відновлюваних джерел енергії для забезпечення роботи аквакультурних систем. Це знижує залежність від традиційних енергоресурсів і зменшує викиди парникових газів.

5. Застосування природних кормів і кормових добавок — використання органічних кормів або кормів на основі водоростей і мікроорганізмів зменшує негативний вплив на навколишнє середовище та підвищує якість продукції.

6. Біоремедіація — очищення води за допомогою живих організмів, таких як бактерії, водорості або рослини, які поглинають та нейтралізують забруднювачі.

7. Водощадні технології — зменшення витрат води шляхом впровадження систем крапельного поливу або повторного використання стічних вод після їх очищення.

## 6. Біорізноманіття та його значення для стійкості аквакультури

Біорізноманіття — це різноманітність видів рослин, тварин, мікроорганізмів та генетичних ресурсів у певному середовищі. У контексті аквакультури біорізноманіття відіграє ключову роль для підтримки екологічної стійкості та ефективності виробництва. Високий рівень біорізноманіття забезпечує стабільність водних екосистем, сприяє їхньому саморегулюванню та підвищує продуктивність аквакультурних систем.

Значення біорізноманіття для стійкості аквакультури:

1. Підтримка екосистемних послуг: Різні види виконують важливі функції у водних екосистемах, такі як очищення води, регуляція поживних речовин та підтримка кисневого балансу. Наприклад, молюски-фільтратори очищують воду, зменшуючи кількість органічних забруднень.

2. Генетична різноманітність: Збереження природних популяцій водних організмів забезпечує генетичний матеріал для селекції стійких до хвороб та екологічних стресів порід. Це підвищує загальну продуктивність аквакультури та її адаптивний потенціал.

3. Зниження ризиків захворювань: Біорізноманіття створює природні бар'єри для поширення хвороб. У системах з монокультурами ризик епідемії значно вищий, тоді як різноманітність видів може запобігати масовому зараженню.

4. Ефективне використання ресурсів: Інтегровані системи, які поєднують різні види (риби, ракоподібні, водорості), дозволяють більш ефективно використовувати ресурси. Відходи одних організмів можуть слугувати кормом або добривом для інших, що зменшує вплив на навколишнє середовище.

5. Стійкість до змін навколишнього середовища: Водні екосистеми з високим рівнем біорізноманіття краще адаптуються до змін клімату або інших зовнішніх впливів. Різні види можуть виконувати схожі функції, що забезпечує екологічну стабільність навіть при втраті деяких видів.

6. Забезпечення продовольчої безпеки: Використання різноманітних видів у аквакультурі знижує залежність від одного виду, що робить виробництво більш стійким до економічних і екологічних ризиків.

## 7. Забруднення водних екосистем та його основні види

Забруднення водних екосистем — це внесення у водойми будь-яких речовин або енергії, які призводять до негативних змін у їх структурі, функціонуванні та біорізноманітті. Забруднення може мати природне або антропогенне походження, але найбільшу загрозу становлять саме людська діяльність і неконтрольоване використання водних ресурсів.

### *Основні види забруднення водних екосистем:*

1. Хімічне забруднення:

Включає надходження до водойм токсичних речовин, таких як важкі метали (ртуть, свинець, кадмій), пестициди, нафтопродукти, добрива та інші хімікати. Ці речовини можуть накопичуватися в організмах і через харчовий ланцюг загрожувати здоров'ю людини.

Приклад: Викиди промислових підприємств у річки або моря.

## 2. Органічне забруднення:

Пов'язане з надмірним надходженням органічних речовин, таких як стічні води, залишки харчових продуктів або відходи тваринництва. Це призводить до збільшення кількості бактерій і зниження вмісту кисню у воді, що викликає процеси евтрофікації.

Приклад: Злив неочищених побутових стоків у водойми.

## 3. Біологічне забруднення:

Передбачає потрапляння у водойми патогенних мікроорганізмів (бактерій, вірусів), а також інвазивних видів, які можуть витіснити місцеву фауну і флору.

Приклад: Потрапляння чужорідних видів, які порушують природну рівновагу екосистеми.

## 4. Теплове забруднення:

Виникає в результаті скидання у водойми підігрітих вод від теплових електростанцій або промислових підприємств. Підвищення температури води знижує рівень розчиненого кисню і негативно впливає на водну фауну.

Приклад: Викиди нагрітої води з охолоджувальних систем промислових об'єктів.

## 5. Радіоактивне забруднення:

Радіоактивні речовини можуть потрапляти у водойми внаслідок аварій на атомних станціях, випробувань ядерної зброї або через промислові відходи. Радіація має довгостроковий негативний вплив на екосистеми і людину.

Приклад: Аварія на Чорнобильській АЕС, що призвела до забруднення річки Прип'ять і Дніпра.

## 6. Механічне забруднення (сміття):

Включає накопичення у водоймах пластикових відходів, металобрухту, скла, текстилю та інших побутових і промислових відходів. Особливу загрозу становлять мікропластики, які потрапляють у харчовий ланцюг.

Приклад: Велика тихоокеанська смітцева пляма.

## 7. Забруднення нафтою і нафтопродуктами:

Розливи нафти під час транспортування або аварій на морських платформах призводять до значного знищення біоти і довготривалого забруднення екосистем.

Приклад: Катастрофа танкера «Eххon Valdez».

### ***Вплив забруднення на водні екосистеми:***

Забруднення водних екосистем призводить до втрати біорізноманіття, погіршення якості води, зменшення ресурсів для рибальства та аквакультури. Воно також загрожує здоров'ю людини через накопичення токсинів у рибі та інших водних організмах.

### ***Заходи щодо зменшення забруднення:***

Ефективне очищення стічних вод, впровадження екологічно чистих технологій, контроль за скиданнями промислових підприємств, міжнародна співпраця та посилення екологічного законодавства є ключовими заходами для збереження водних ресурсів і забезпечення стійкості водних екосистем.

## **8. Вплив забруднення на водні організми та екосистеми**

Вплив забруднення на водні організми та екосистеми є однією з найсерйозніших екологічних проблем сучасності. Забруднення порушує природну рівновагу у водоймах, впливаючи на всі рівні біологічної організації — від окремих організмів до екосистем загалом.

### ***Вплив на водні організми:***

Токсична дія хімічних речовин: Важкі метали (ртуть, свинець, кадмій) та пестициди накопичуються у тканинах риб та інших водних організмів, викликаючи отруєння, порушення розвитку і репродуктивної функції. Накопичення токсинів у ланцюгах живлення призводить до біоаккумуляції, що створює загрозу і для людини.

Зниження кисню у воді: Органічне забруднення стимулює розмноження бактерій, які розкладають органіку, використовуючи кисень. Це спричиняє кисневе голодування (гіпоксію) і загибель водних організмів.

Поширення хвороб: Забруднені води є середовищем для розвитку патогенних мікроорганізмів, які можуть інфікувати рибу, молюсків та інші водні організми, а також загрозувати здоров'ю людей.

Теплове забруднення: Підвищення температури води знижує концентрацію кисню і порушує життєві цикли водних організмів, особливо чутливих до змін температури видів.

Механічне забруднення (пластик): Великі пластикові відходи можуть спричинити травми або загибель тварин, які плутають їх з їжею. Мікропластики накопичуються у тканинах організмів і передаються по трофічному ланцюгу.

### ***Вплив на водні екосистеми:***

Евтрофікація: Надмірне надходження у воду поживних речовин (азот, фосфор) спричиняє швидкий ріст водоростей. Їх розкладання призводить до дефіциту кисню, що викликає масову загибель риб і руйнування екосистеми.

Зменшення біорізноманіття: Забруднення веде до зникнення чутливих до змін видів і домінування менш вимогливих, що порушує баланс і стабільність екосистем.

Порушення трофічних ланцюгів: Токсичні речовини, що накопичуються у водних організмах, впливають на всі рівні трофічного ланцюга — від планктону до хижих риб і птахів.

Зниження самовідновлювальної здатності водойм: Тривале забруднення виснажує природні ресурси водойми, знижуючи її здатність до самоочищення і відновлення.

Руйнування середовища існування: Забруднення змінює фізико-хімічні властивості води, що може призвести до деградації місць нересту, загибелі коралових рифів і руйнування прибережних екосистем.

### *Соціально-економічні наслідки:*

Забруднення водних екосистем негативно впливає на рибальство, аквакультуру та туризм. Зниження якості води і скорочення біоресурсів призводить до економічних втрат та загрожує продовольчій безпеці.

### *Заходи з мінімізації впливу:*

Для збереження водних екосистем необхідно посилити контроль за скидами, впроваджувати сучасні технології очищення стічних вод і розвивати екологічно чисті методи у промисловості та сільському господарстві. Також важливо проводити моніторинг стану водойм і відновлювати пошкоджені екосистеми.

## **9. Вплив евтрофікації на водні екосистеми**

Вплив евтрофікації на водні екосистеми є однією з основних екологічних проблем, яка виникає через надмірне надходження поживних речовин, зокрема азоту та фосфору, в водойми. Це може призвести до серйозних змін у структурі та функціонуванні водних екосистем.

### *Процес евтрофікації:*

Надмірне збагачення води поживними речовинами — зазвичай через стоки від сільського господарства (пестициди, добрива), промислові скиди та побутові стоки, що містять органічні речовини.

Розвиток водоростей — підвищена кількість поживних речовин сприяє швидкому росту водоростей, особливо фітопланктону, що призводить до цвітіння води. Це явище може покривати великі площі водної поверхні і знижувати кількість світла, що досягає глибших шарів водойми.

Зниження концентрації кисню в воді — після того, як водорості та інші організми гинуть, їх розкладання потребує великої кількості кисню, що призводить до гіпоксії (кисневого голодування) у воді. Це може викликати масову загибель риб і інших водних організмів.

## ***Наслідки евтрофікації для водних екосистем:***

### **Зниження біорізноманіття:**

Евтрофікація призводить до зменшення біорізноманіття, оскільки чутливі до зміни умов види, такі як риби та безхребетні, гинуть через зниження рівня кисню. Натомість процвітають види, які можуть витримувати такі умови, наприклад, деякі види водоростей і бактерій. Це змінює екосистему, що може призвести до її деградації.

### **Порушення трофічних ланцюгів:**

Зростання чисельності водоростей змінює кормову базу для організмів, що споживають фітопланктон, таких як фільтратори (молюски, ракоподібні). Це порушує нормальні трофічні ланцюги і може призвести до порушення в харчових мережах.

### **Погіршення якості води:**

Цвітіння води, яке відбувається під час евтрофікації, знижує прозорість води, що робить її непридатною для споживання людьми, риболовства та інших видів діяльності. Крім того, накопичення токсичних водоростей може мати негативний вплив на здоров'я людей і тварин.

### **Гіпоксія та мор організмів:**

Гіпоксія, або дефіцит кисню у воді, що виникає внаслідок розкладу органічних речовин, веде до загибелі водних організмів, особливо риб, молюсків та інших тварин, що потребують високих рівнів кисню для життєдіяльності. Це може призвести до великих економічних втрат у рибальстві та аквакультури.

### **Зниження здатності води до самоочищення:**

Постійне надходження поживних речовин у водойми виснажує природні ресурси для самоочищення. Водні екосистеми не здатні самостійно справлятися з великою кількістю забруднювальних речовин, що призводить до потреби у додаткових зусиллях для очищення води.

Загроза для аквакультури: Евтрофікація може мати серйозні наслідки для аквакультури. Зниження якості води, киснева недостатність та пошкодження природних нерестовищ можуть зменшити продуктивність аквакультурних господарств, впливаючи на здоров'я та ріст водних організмів, таких як риба та молюски.

## ***Заходи для боротьби з евтрофікацією:***

Контроль за стоками: Зменшення надходження поживних речовин у водойми шляхом обмеження використання добрив та пестицидів у сільському господарстві, покращення очищення стічних вод.

Відновлення екосистем: Відновлення природних біотопів, таких як водно-болотні угіддя та прибережні екосистеми, які можуть фільтрувати забруднення і знижувати надмірне збагачення водойм поживними речовинами.



Інтегрована аквакультура: Використання інтенсивних технологій аквакультури з рециркуляцією води, які допомагають зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

## 10. Оцінка ризиків та моніторинг водних екосистем

Оцінка ризиків включає в себе визначення й аналіз потенційних загроз для водних екосистем, які можуть виникнути внаслідок природних чи антропогенних факторів. Це дозволяє прогнозувати можливі наслідки та розробляти ефективні стратегії для їх усунення.

### *Основні етапи оцінки ризиків:*

Ідентифікація небезпечних факторів:

Визначення факторів, які можуть загрожувати водним екосистемам, таких як забруднення води, надмірне використання водних ресурсів, зміни клімату, введення інвазивних видів, евтрофікація та інші. Важливо оцінити потенційний вплив кожного з цих факторів на різні компоненти екосистеми.

Аналіз вразливості екосистеми:

Оцінка того, як різні компоненти екосистеми (водні організми, рослинність, водний ландшафт) можуть реагувати на зміну умов. Це включає вивчення стійкості екосистем до змін та здатності відновлюватися після порушень.

Прогнозування наслідків:

Використання наукових моделей для прогнозування потенційних наслідків забруднення, зміни клімату чи інших факторів. Це дозволяє оцінити, які екологічні, економічні та соціальні наслідки можуть виникнути в разі погіршення стану водних екосистем.

Визначення пріоритетів:

Визначення найважливіших ризиків для кожної конкретної водної екосистеми та встановлення пріоритетів для їх усунення чи мінімізації. Це дозволяє зосередити ресурси на найбільш серйозних загрозах.

### *Моніторинг водних екосистем:*

Моніторинг водних екосистем — це постійне спостереження за станом водних ресурсів і компонентів екосистеми з метою збору даних для оцінки їх здоров'я та вчасного реагування на зміни.

*Основні напрямки моніторингу:*

Моніторинг якості води:

Регулярні вимірювання основних параметрів якості води, таких як рН, температура, вміст кисню, концентрація забруднювальних речовин (азот, фосфор, важкі метали), наявність

токсичних організмів, органічні речовини тощо. Це дозволяє виявити на ранніх стадіях забруднення води та вжити заходів до його розповсюдження.

Моніторинг біологічних компонентів екосистеми:

Спостереження за змінами в чисельності та стані водних організмів, таких як фітопланктон, зоопланктон, риби, водорості, молоски та інші. Це дає змогу виявляти зміни в біорізноманітті та здоров'ї екосистеми, а також визначати вплив антропогенних факторів.

Моніторинг екосистемних процесів:

Оцінка таких процесів, як фотосинтез, дихання, круговорот речовин, продуктивність екосистеми, які є важливими показниками її здоров'я та стійкості.

Моніторинг впливу антропогенних факторів:

Оцінка впливу сільськогосподарських стоків, промислових викидів, туризму та інших людських діяльностей на стан водних екосистем. Це включає в себе вивчення впливу евтрофікації, забруднення, зміни рівня води, а також наслідків зміни клімату.

### ***Значення моніторингу та оцінки ризиків:***

Попередження екологічних катастроф: Моніторинг дозволяє вчасно виявляти зміни в екосистемі, що дає змогу уникнути чи зменшити екологічні катастрофи, такі як масова загибель риби, токсичне забруднення води чи деградація екосистем.

Інформування політики: Дані моніторингу є основою для розробки екологічної політики, прийняття законодавчих ініціатив та управлінських рішень, спрямованих на збереження водних екосистем.

Підтримка сталого розвитку: Оцінка ризиків і моніторинг допомагають забезпечити сталий розвиток аквакультури, водного туризму та інших видів діяльності, що залежать від водних ресурсів, з урахуванням екологічних обмежень.

Забезпечення здоров'я людей і тварин: Моніторинг якості води та стану водних екосистем є важливим для забезпечення безпеки питної води, а також для розвитку безпечних і здорових аквакультурних підприємств.

## Лекція 6

### Тема: Водні екосистеми: прісноводні та океанічні екосистеми.

#### План

1. Поняття водних екосистем та їх загальна характеристика.
2. Класифікація водних екосистем на прісноводні та океанічні.
3. Типи прісноводних екосистем: озера, річки, ставки, болота.
4. Гідрологічні особливості прісноводних екосистем.
5. Класифікація океанічних екосистем: шельфові зони, відкритий океану, глибоководні райони.
6. Характеристика океанічних течій та їх вплив на розподіл біогенних речовин.
7. Біорізноманіття прісноводних екосистем.
8. Біорізноманіття в океанічних екосистемах
9. Температура, світло, солоність, рівень кисню та їхній вплив на водні організми. вплив на водні організми.
10. Трофічні рівні та харчові ланцюги у водних екосистемах
11. Функціонування прісноводних та океанічних екосистем

#### 1. Поняття водних екосистем та їх загальна характеристика.

Водні екосистеми — це природні комплекси, що складаються з води та організмів, які мешкають у ній, а також всіх інших абіотичних і біотичних факторів, що взаємодіють між собою. Водні екосистеми є важливими складовими частинами загальної екологічної системи планети, оскільки вони виконують численні екологічні функції, такі як регулювання клімату, підтримання біорізноманіття, забезпечення чистоти води та підтримка життєдіяльності багатьох видів організмів.

Основні характеристики водних екосистем:

Типи водних екосистем: Водні екосистеми поділяються на дві основні категорії — прісноводні та солонуваті (морські):

Прісноводні екосистеми включають річки, озера, ставки, болота та інші водойми з низьким вмістом солі. Вони є важливими джерелами питної води та середовищем для різноманітних організмів, таких як риби, водянні рослини, молюски та інші.

Солонуваті та морські екосистеми охоплюють океани, моря, естуарії та мангрові болота. Вони мають високу продуктивність завдяки великій кількості світла та поживних речовин, що сприяють розвитку фітопланктону і інших організмів.

Компоненти водних екосистем: Водні екосистеми мають дві основні складові: біотичну (організми) та абіотичну (фізичні та хімічні умови, такі як температура води, її хімічний склад, рельєф дна та освітленість).

Біотичні компоненти включають різноманітні види водних організмів: рослини, тварини, мікроорганізми, які взаємодіють між собою через харчові ланцюги та екологічні ніші.

Абіотичні компоненти визначають умови для існування організмів. Це параметри води, такі як її температура, прозорість, вміст кисню та солей, а також властивості дна і берегів.

Продуктивність водних екосистем: Водні екосистеми є одними з найбільш продуктивних екосистем планети. Висока первинна продуктивність досягається завдяки фотосинтетичним організмам, таким як водорості та фітопланктон, які використовують сонячну енергію для синтезу органічних сполук. Ці організми становлять основу харчових ланцюгів, на яких базуються всі інші види водних організмів.

**Функції водних екосистем:**

Регулювання клімату: Водні екосистеми, зокрема океани, відіграють ключову роль у вуглецевому циклі планети, поглинаючи та зберігаючи вуглець, що допомагає регулювати глобальну температуру.

Забезпечення водними ресурсами: Водні екосистеми є джерелами прісної води для людини, сільського господарства та промисловості.

Біорізноманіття: Водні екосистеми є домівкою для великої кількості видів флори та фауни, які сприяють збереженню біорізноманіття на Землі.

Економічна цінність: Водні екосистеми забезпечують людей ресурсами, такими як риба, водні рослини, морські продукти, а також мають велике значення для туризму та рекреації.

Загрози водним екосистемам: Водні екосистеми піддаються численним загрозам, зокрема:

Забруднення води: Викиди хімічних речовин, нафти, пластмаси та інших забруднювачів погіршують якість води та загрожують життєвим умовам водних організмів.

Зміна клімату: Підвищення температури води, зміни в рівні води та кислотності можуть негативно вплинути на водні екосистеми.

Евтрофікація: Надмірний вміст поживних речовин, особливо азоту і фосфору, призводить до надмірного росту водоростей, що викликає кисневі дефіцити і загибель інших організмів.

## **2. Класифікація водних екосистем на прісноводні та океанічні.**

Прісноводні екосистеми — це екосистеми, що існують у водоймах з низьким вмістом солі (менше 0,5 %). Вони включають різноманітні водні середовища, де вода не містить значної кількості солей, що дозволяє існувати лише певним видам організмів.

***Типи прісноводних екосистем:***

Річкові екосистеми — це екосистеми, що сформовані у руслах річок, де потік води визначає життєві умови для організмів. Такі екосистеми мають великі коливання в умовах середовища (температура, швидкість потоку, вміст кисню).

Озерні екосистеми — екосистеми, що існують у водоймах, які не мають виходу до моря. Озера можуть бути різного розміру, глибини і біорізноманіття, і їх екосистеми значною мірою залежать від глибини, освітленості та рівня поживних речовин.

Ставкові екосистеми — дрібні водойми, де вода може бути спокійною або з невеликим потоком. Вони часто є штучними об'єктами, створеними для різних цілей, включаючи сільське господарство чи аквакультуру.

Болотні екосистеми — екосистеми, що складаються з водно-болотних угідь, де вода знаходиться на поверхні або має невеликий потік. Ці екосистеми мають важливе значення для збереження біорізноманіття, а також є природними фільтрами для очищення води.

#### ***Особливості прісноводних екосистем:***

Висока різноманітність організмів, зокрема риб, водних рослин, безхребетних.

Вразливість до забруднення, особливо через пестициди, токсичні хімічні речовини, важкі метали.

Залежність від кількості доступних поживних речовин та температури води.

#### ***Океанічні екосистеми***

Океанічні екосистеми — це екосистеми, що існують у великих водних масах океанів, де вода має високу солоність (3-4 %) і забезпечує умови для існування різноманітних морських організмів.

#### ***Типи океанічних екосистем:***

Прибережні екосистеми — екосистеми, що розташовані в прибережних зонах океанів. Вони включають мангрові ліси, коралові рифи та естуарії, де змішуються прісні та солоні води. Ці екосистеми є дуже продуктивними і важливими для підтримання біорізноманіття.

Глибоководні екосистеми — екосистеми, що розташовані в глибоких частинах океану, де освітленість дуже низька, а умови життя організмів відрізняються від прибережних зон. Такі екосистеми є менш вивченими, але містять дивовижні види, що адаптовані до екстремальних умов (температура, тиск).

Пелагічні екосистеми — це екосистеми, що охоплюють відкриті води океану, де відбуваються різноманітні фізіологічні процеси, зокрема, цикли вуглецю та азоту, а також великі міграції морських видів.

Коралові рифи — екосистеми, що розвиваються на коралових структурах в тропічних і субтропічних водах. Вони мають велику біологічну різноманітність і забезпечують середовище для багатьох морських видів.

#### ***Особливості океанічних екосистем:***

Висока солоність і стабільність температури.

Велика глибина і тиск, що обмежує існування організмів до певних глибин.

Залежність від глобальних океанічних течій і кліматичних факторів.

Значний вплив зміни клімату на температурні коливання, кислотність води, що впливає на морські види.

### **3. Типи прісноводних екосистем: озера, річки, ставки, болота.**

Прісноводні екосистеми є важливою частиною екологічної рівноваги Землі. Вони включають різноманітні водні середовища з низьким вмістом солі, де проживають численні види організмів. Основними типами прісноводних екосистем є озера, річки, ставки та болота. Кожен з цих типів має свої особливості та роль у природному середовищі.

**Озера** — це великі замкнуті водойми, які зазвичай мають стійку водну масу і відсутність значного потоку води. Озера можуть бути різного розміру, глибини та температури води. Вони утворюються в результаті геологічних процесів, таких як тектонічні рухи або відступ льодовиків.

#### ***Особливості озер:***

**Різноманітність середовища:** Озера можуть бути з різною температурою води, глибиною, хімічним складом і рівнем кисню.

**Продуктивність:** Озера можуть бути дуже продуктивними, особливо у поверхневих шарах води, де відбувається фотосинтез водних рослин.

**Екологічна роль:** Озера є домівкою для риб, водних рослин, безхребетних і птахів. Вони також важливі для збереження водних циклів і стабільності клімату.

**Річки** — це природні водотоки, які переносять воду з верхніх частин земної поверхні до нижчих, з'єднуючи різні екосистеми. Вода в річках постійно рухається, що впливає на умови життя організмів.

#### ***Особливості річок:***

**Потік води:** Річки мають постійний або сезонний потік, що визначає швидкість води та її фізико-хімічні характеристики.

**Екологічна роль:** Річки забезпечують водою великі території, сприяють міграції риб і інших водних організмів. Вони також відіграють важливу роль у транспортуванні поживних речовин.

**Біорізноманіття:** У річках живуть різноманітні види риб, молюсків, водоростей та водяних рослин.

**Ставки** — це штучно створені або природні водойми, зазвичай менші за озера. Вони можуть мати спокійну воду і використовуються для сільського господарства, аквакультури або рекреації.



### **Особливості ставків:**

**Контроль за умовами:** У ставках легко контролювати умови, такі як температура води та рівень кисню, що робить їх ідеальними для аквакультури.

**Продуктивність:** Завдяки сталому рівню води та можливості контролю, ставки часто є багатими на біорізноманіття, зокрема рибу і водні рослини.

**Екологічне значення:** Ставки можуть служити важливими середовищами для місцевої фауни і флори, а також слугувати джерелом води для навколишніх територій.

**Болота** — це вологі ділянки землі, де вода знаходиться на поверхні або в малій глибині, утворюючи вологі екосистеми з низьким рівнем кисню в воді. Болота можуть бути як прісноводними, так і солонуватими, але в контексті прісноводних екосистем ми говоримо про ті, що містять лише прісну воду.

### **Особливості боліт:**

**Висока вологість:** Болота характеризуються надмірною вологістю і водою, яка часто затоплює великі площі.

**Екологічне значення:** Болота мають велику роль у фільтрації води, збереженні біорізноманіття та регулюванні гідрологічного циклу. Вони є домівкою для численних видів рослин, птахів, комах та риб.

**Збереження вуглецю:** Болота здатні накопичувати великий обсяг вуглецю, що робить їх важливими для контролю за глобальним кліматом.

## **4. Гідрологічні особливості прісноводних екосистем.**

Гідрологія прісноводних екосистем охоплює вивчення водних процесів і явищ у водоймах з прісною водою, таких як річки, озера, ставки, болота та інші водні об'єкти. Вона включає в себе не лише фізичні та хімічні характеристики води, але й її рух, рівень, температуру, а також фактори, які впливають на водний баланс цих екосистем. Гідрологічні особливості прісноводних екосистем є важливими для підтримки життєдіяльності організмів, що населяють ці середовища, а також для забезпечення стабільності екологічних процесів.

Основні гідрологічні характеристики прісноводних екосистем:

Водний баланс є ключовим фактором для прісноводних екосистем, оскільки він визначає, скільки води надходить в екосистему та скільки її покидає. Це залежить від опадів, випаровування, підземних вод та інших джерел водопостачання (наприклад, злиття річок, рясні дощі або зливи). Вода, яка надходить в екосистему, повинна бути збалансована з втратою через випаровування або відтік, щоб підтримати сталий стан екосистеми.

У різних типах прісноводних екосистем характер руху води може значно змінюватися. У річках вода рухається від верхів'їв до низовин, що створює потік і впливає на розподіл

організмів і поживних речовин. В озерах та ставках вода може бути статичною або мати мінімальний рух, в залежності від глибини та розмірів водойми. У болотах вода може бути застійною або мати дуже повільний потік, що призводить до специфічних умов для життя водних рослин і тварин.

Температура води є важливим параметром для будь-якої водної екосистеми. Вона визначає швидкість біохімічних процесів, таких як фотосинтез, дихання організмів і розкладання органічних речовин. У прісноводних екосистемах температура може змінюватися в залежності від сезонних коливань, глибини води, географічного положення та інших факторів. Наприклад, в озерах та ставках температура води може бути більш стабільною через теплоємність води, в той час як у річках температура може швидше змінюватися через течії.

Хімічний склад води включає концентрації таких елементів, як кисень, вуглекислий газ, азот, фосфор, сульфати та інші розчинені речовини. Цей склад важливий для підтримки життя організмів у воді. Низький рівень кисню може спричинити загибель багатьох водних видів, тоді як надмірна кількість поживних речовин (особливо азоту та фосфору) може викликати евтрофікацію. Також важливим є рН води, яке впливає на доступність певних елементів для організмів.

Прозорість води є індикатором кількості часток та органічних речовин у воді, таких як фітопланктон, мул та інші домішки. Висока прозорість сприяє проникненню світла в воду, що важливо для фотосинтезу водних рослин. У річках та озерах з високим вмістом мутних часток фотосинтетична активність може знижуватися, що веде до зменшення кількості кисню в воді.

У прісноводних екосистемах солоність води, як правило, дуже низька. Високий вміст солі зазвичай характерний для морських та солонуватих екосистем. Однак в результаті людської діяльності або природних явищ, таких як повінь або зміна клімату, може виникнути локальне підвищення солоності води, що може серйозно впливати на біорізноманіття.

## **5. Класифікація океанічних екосистем: шельфові зони, відкритий океану, глибоководні райони.**

Океанічні екосистеми є одними з найважливіших складових глобальної екологічної системи Землі. Вони забезпечують середовище для різноманітних водних організмів, а також відіграють значну роль у регулюванні клімату, кругообігу вуглецю та інших біогеохімічних процесах. Океан можна умовно поділити на три основні екологічні зони: шельфові зони, відкритий океан та глибоководні райони. Кожна з цих зон має свої специфічні умови та характеристики, що визначають біологічну продуктивність і біорізноманіття.

### **1. Шельфові зони (прибережні зони)**

Шельфові зони розташовані на континентальному шельфі, що є найбільш віддаленою частиною континенту, зануреною під водою. Ці зони мають значну біологічну продуктивність через близькість до суші, що забезпечує постійний приток поживних речовин з річок і ґрунтів. Вони характеризуються мілководдям (глибина до 200 м) та високою доступністю сонячного світла, що сприяє розвитку фітопланктону — основного продуцента в цих екосистемах.

Особливості шельфових зон:

- Висока біологічна продуктивність завдяки доступності поживних речовин.
- Велика кількість органічних речовин і поживних елементів, що потрапляють з континентів.
- Важливі для рибальства, оскільки тут мешкає багато видів риб, молюсків та інших морських організмів.
- Залежність від сезонних змін температури води та солоності.

## 2. Відкритий океан (пелагічна зона)

Відкритий океан — це частина океану, що знаходиться далеко від берегів, за межами континентального шельфу. Глибина тут часто перевищує кілька тисяч метрів, і ця зона характеризується відсутністю фізичного контакту з суходолом, що обмежує надходження поживних речовин з континентів. Основною особливістю є те, що в цих водах більшість організмів є пелагічними, тобто вони живуть у відкритій воді, а не на дні.

Особливості відкритого океану:

- Низька біологічна продуктивність у порівнянні з прибережними зони, через обмежену кількість поживних речовин у воді.
- Велика глибина і відсутність доступу до прямого сонячного світла на великих глибинах.
- Багато видів пелагічних організмів, таких як риби, молюски, кальмари, а також різноманітні планктонні організми.
- Природні цикли течій, температури води, солоності та інших фізико-хімічних характеристик значно впливають на стан екосистеми.

## 3. Глибоководні райони (афотичні зони)

Глибоководні райони океану — це ті зони, де глибина води перевищує 1000 метрів, а іноді й набагато більше. Ці райони отримують дуже мало сонячного світла, тому фотосинтетичні процеси в них неможливі. Біологічна продуктивність в цих районах здебільшого залежить від органічних речовин, що потрапляють з поверхневих вод, і від хемосинтетичних процесів (наприклад, у районах гідротермальних джерел).

Особливості глибоководних районів:

- Відсутність природного світла, що робить неможливим фотосинтез.
- Характеризуються дуже високим тиском і низькими температурами води.
- Організми, які населяють ці райони, адаптовані до екстремальних умов (низька температура, відсутність світла, висока концентрація сірководню).
- Важливі для досліджень хемосинтетичних процесів і життєдіяльності глибоководних організмів, таких як м'ясоїдні бактерії, глибоководні риби та інші істоти.

## 6. Характеристика океанічних течій та їх вплив на розподіл біогенних речовин.

Океанічні течії — це постійні або періодичні рухи води в океанах, які виникають під впливом різних факторів, таких як вітер, різниця в температурі та солоності води, земне тяжіння та інші фізичні процеси. Ці течії мають важливе значення для біологічного циклу

океану, оскільки вони сприяють переміщенню біогенних речовин, таких як азот, фосфор, вуглець і мікроелементи, які є необхідними для росту водних організмів.

### ***Основні типи океанічних течій***

Поверхневі океанічні течії зазвичай виникають під впливом вітру, що переносить воду по поверхні океану. Ці течії можуть бути як теплими, так і холодними, і вони часто сліднують за напрямком вітрів у певних географічних широтах. Поверхневі течії відіграють важливу роль у розподілі тепла і поживних речовин в океанах, а також у перенесенні мікроорганізмів і планктону.

Глибинні течії утворюються через різницю в температурі та солоності води, що створює різні рівні густини води. Вони також називаються термогалінними течіями і можуть рухатися по глибині океану на великі відстані. Глибинні течії значно впливають на вертикальний обмін води між поверхневими і глибокими шарами океану.

Перехідні течії - це течії, що виникають між поверхневими і глибинними водами. Вони можуть бути пов'язані з змінами температури і солоності води на різних рівнях океану, а також з океанічними фронтами, де зустрічаються теплі і холодні води.

### ***Вплив океанічних течій на розподіл біогенних речовин***

Переміщення поживних речовин: океанічні течії сприяють вертикальному і горизонтальному переміщенню біогенних речовин, таких як азот, фосфор і кремній, які є важливими для життя водних організмів, зокрема фітопланктону. Течії допомагають перенести ці елементи з глибоких вод, де вони накопичуються, до поверхневих шарів океану, де їх використовують продуценти (водорості, фітопланктон).

Евтрофікація та розподіл органічних речовин: течії можуть впливати на евтрофікацію океанів — процес надмірного збагачення води поживними речовинами, що сприяє росту водоростей і може призвести до зменшення кисню в воді та гниття органічних речовин. Океанічні течії здатні переносити ці надлишкові поживні речовини, що може призвести до змін екологічної рівноваги в океанічних екосистемах.

Підвищення біологічної продуктивності: завдяки піднесенню глибинних вод на поверхню (так звані підйоми) океанічні течії можуть забезпечити велику кількість поживних речовин, що підвищує продуктивність водних організмів. Це особливо важливо для прибережних зон, де забезпечується висока концентрація біогенних елементів і, відповідно, росте біологічна продуктивність.

Розподіл мікроелементів і газів: океанічні течії також впливають на розподіл мікроелементів, таких як залізо, магній, кальцій, що є важливими для росту фітопланктону і водоростей. Течії допомагають переносити ці елементи у ті райони океану, де їх концентрація обмежена. Течії також сприяють обміну газами між океаном і атмосферою, що важливо для підтримки глобальних кліматичних процесів.

## **7. Біорізноманіття прісноводних екосистем.**

Прісноводні екосистеми, такі як річки, озера, ставки та болота, хоча й займають невелику частину земної поверхні, відіграють надзвичайно важливу роль у підтримці життя

на планеті. Вони є домівкою для безлічі видів рослин, тварин та мікроорганізмів, створюючи унікальні та різноманітні екосистеми.

Чому прісноводне біорізноманіття важливе?

- Більша частина питної води для людей походить з прісноводних джерел.
- Водойми впливають на місцевий клімат, регулюючи температуру та вологість.
- Прісноводні екосистеми надають безліч послуг, таких як очищення води, утилізація відходів та підтримка біорізноманіття.
- Водойми є важливими для рибальства, туризму та рекреації.

Компоненти прісноводного біорізноманіття

- Флора: Водорості, водяні рослини, болотні рослини.
- Фауна: Риби, амфібії, рептилії, птахи, ссавці, безхребетні (комахи, молюски, ракоподібні).
- Мікроорганізми: Бактерії, гриби, водорості.

Загрози для прісноводного біорізноманіття

- Стічні води, промислові викиди, сільськогосподарські добрива та пестициди забруднюють водойми, призводячи до загибелі організмів.
- Зміна температури води, рівня води та режиму опадів впливають на розподіл видів та структуру екосистем.
- Інтродукція чужорідних видів може призвести до витіснення місцевих видів та порушення екологічного балансу.
- Будівництво дамб, каналів та інших гідротехнічних споруд, а також вирубка лісів вздовж берегів річок призводять до втрати місць проживання для багатьох видів.

Збереження прісноводного біорізноманіття

1. Створення природоохоронних територій: заповідники, національні парки та інші охоронні території допомагають зберегти унікальні прісноводні екосистеми.
2. Очищення стічних вод: впровадження сучасних технологій очищення стічних вод дозволяє зменшити забруднення водойм.
3. Відновлення деградованих екосистем: відновлення річок, озер та боліт, які постраждали від антропогенного впливу.
4. Моніторинг стану екосистем: регулярний моніторинг дозволяє виявляти зміни в екосистемах та своєчасно вживати заходів для їх збереження.
5. Освіта та просвіта: поширення знань про важливість збереження прісноводного біорізноманіття серед населення.

## 8. Біорізноманіття в океанічних екосистемах

Океани покривають більшу частину нашої планети і є домом для неймовірного різноманіття живих організмів. Від мікроскопічного планктону до гігантських китів, океанські екосистеми вражають своєю складністю та красою.

## Чому океанічне біорізноманіття важливе?

- Океани поглинають велику частину вуглекислого газу з атмосфери, пом'якшуючи наслідки зміни клімату.
- Фітопланктон, мікроскопічні рослини, що живуть в океані, виробляють значну частину кисню на Землі.
- Океани забезпечують мільярди людей їжею та робочими місцями.
- Багато морських організмів виробляють речовини, які можуть бути використані для створення нових ліків.

## Рівні біорізноманіття в океані

**Генетичне різноманіття.** Різноманітність генетичного матеріалу всередині видів. Наприклад, різні популяції одного виду риб можуть мати різні адаптації до різних умов середовища.

**Видове різноманіття.** Кількість різних видів, що населяють океан. Від мікроскопічних бактерій до великих китів, океан є домівкою для мільйонів видів.

**Екосистемне різноманіття.** Різноманітність типів морських екосистем, від коралових рифів до глибоководних долин.

## Типи морських екосистем

Прибережні зони. Мілководні райони, багаті на життя. Сюди входять мангрові ліси, коралові рифи, лимани та естуарії.

Відкритий океан. Великі простори океану, де живуть пелагічні організми (планктон, риби, морські ссавці).

Глибоководні екосистеми. Темні і холодні глибини океану, де живуть унікальні організми, пристосовані до екстремальних умов.

## Загрози для морського біорізноманіття

- 1) Нафтові розливи, пластикове сміття, промислові викиди забруднюють океани і шкодять морським організмам.
- 2) Неконтрольований вилов риби призводить до зменшення популяцій багатьох видів і порушення харчових ланцюгів.
- 3) Підвищення температури води, зміна кислотності океану та підвищення рівня моря негативно впливають на морські екосистеми.
- 4) Руйнування коралових рифів, мангрових лісів та інших прибережних екосистем призводить до втрати місць проживання для багатьох видів.

## Збереження морського біорізноманіття

Створення морських заповідників. Захищені морські території, де заборонено рибальство та інші види діяльності, допомагають відновити популяції морських організмів.

Міжнародне співробітництво. Спільні зусилля різних країн для боротьби з незаконним рибальством, забрудненням океанів та зміною клімату.



Освіта та просвіта. Поширення знань про важливість збереження морського біорізноманіття серед населення.

## **9. Температура, світло, солоність, рівень кисню та їхній вплив на водні організми. вплив на водні організми.**

Абіотичні фактори, такі як температура, світло, солоність та рівень кисню, відіграють вирішальну роль у формуванні та функціонуванні водних екосистем. Кожен з цих факторів може значно впливати на розподіл, фізіологію та поведінку водних організмів.

### ***Температура***

Метаболізм. З підвищенням температури, як правило, зростає метаболічна активність організмів, що призводить до збільшення потреби в кисні та поживних речовинах.

Розчинність газів. З підвищенням температури зменшується розчинність кисню у воді, що може негативно вплинути на аеробні організми.

Сезонні міграції. Багато видів риб та морських ссавців здійснюють сезонні міграції у відповідь на зміни температури води.

Розвиток. Температура впливає на швидкість розвитку ікри та личинок.

### ***Світло***

Фотосинтез. Світло є основним джерелом енергії для фотосинтезу, який здійснюється водоростями та рослинами.

Добові ритми. Світловий режим впливає на добові ритми активності багатьох водних організмів.

Розподіл організмів. Світло визначає глибину проникнення сонячного випромінювання у воду і, відповідно, розподіл організмів за глибиною.

### ***Солоність***

Осморегуляція. Солоність впливає на осмотичний тиск у клітинах організмів, вимагаючи від них активної осморегуляції.

Розподіл видів. Різні види мають різну толерантність до солоності, що визначає їх ареали поширення.

Фізико-хімічні властивості води. Солоність впливає на щільність, в'язкість та інші фізико-хімічні властивості води, що, в свою чергу, впливає на рухливість організмів і процеси масообміну.

### ***Рівень кисню***

Дихання. Кисень необхідний для дихання більшості водних організмів.

Стратифікація води. Розподіл кисню у водному стовпі залежить від температури, руху води та біологічних процесів.

Евтрофікація. Забруднення водою органічними речовинами може призвести до виснаження кисню та загибелі водних організмів.

## **10. Трофічні рівні та харчові ланцюги у водних екосистемах**

Трофічний рівень – це місце, яке займає організм у харчовому ланцюгу. Іншими словами, це позиція організму відносно того, чим він харчується і ким сам слугує їжею.

### *Харчові ланцюги у водних екосистемах*

У водних екосистемах харчові ланцюги можуть бути досить складними і включати багато різних організмів. Основні трофічні рівні у водних екосистемах:

Продуценти – це автотрофні організми, які здатні виробляти органічні речовини з неорганічних за допомогою фотосинтезу. До них належать фітопланктон, водорості, деякі бактерії та вищі водні рослини.

Консументи першого порядку – це рослиноїдні організми, які харчуються продуцентами. Це зоопланктон, деякі види риб, ракоподібні.

Консументи другого порядку – це хижаки, які харчуються консументами першого порядку. Це риби більших розмірів, морські птахи, деякі морські ссавці.

Консументи третього порядку – це великі хижаки, які харчуються консументами другого порядку. Це акули, тунці, кити.

Редуценти – це організми, які розкладають органічні речовини до неорганічних, повертаючи їх у кругообіг речовин. До них належать бактерії та гриби.

### *Приклад харчового ланцюга в озері:*

Фітопланктон (продуцент) → Дафнія (консумент I порядку) → Риба окунь (консумент II порядку) → Щука (консумент III порядку)

### *Чому харчові ланцюги важливі?*

- Харчові ланцюги демонструють, як енергія передається від одного організму до іншого.
- Вони показують складні взаємозв'язки між різними видами в екосистемі.
- Зміна чисельності одного виду може вплинути на всю харчову мережу.

### *Особливості харчових ланцюгів у водних екосистемах*

Водні екосистеми зазвичай мають більш складні харчові мережі, ніж наземні.

Харчові ланцюги можуть змінюватися залежно від сезону.

В різних регіонах світу водні харчові ланцюги можуть значно відрізнятися.

## 11. Функціонування прісноводних та океанічних екосистем

Прісноводні та океанічні екосистеми – це складні системи, в яких взаємодіють живі організми та неживі компоненти середовища. Їхнє функціонування забезпечується цілим рядом процесів, що підтримують життя та біорізноманіття.

### *Основні процеси, що відбуваються в водних екосистемах:*

**Фотосинтез.** Рослини, водорості та деякі бактерії використовують сонячне світло для перетворення вуглекислого газу та води на органічні речовини та кисень. Цей процес є основою для харчових ланцюгів.

**Хемисинтез.** Деякі бактерії в глибоководних екосистемах використовують хімічні речовини для виробництва органічних речовин.

**Дихання.** Всі живі організми дихають, споживаючи кисень і виділяючи вуглекислий газ.

**Розкладання.** Редуценти (бактерії, гриби) розкладають органічні речовини мертвих організмів до неорганічних, повертаючи їх у кругообіг речовин.

**Кругообіг речовин.** Елементи, такі як вуглець, азот, фосфор, постійно циркулюють між живими організмами та неживою природою.

### *Відмінності між прісноводними та океанічними екосистемами*

<b>Характеристика</b>	<b>Прісноводні екосистеми</b>	<b>Океанічні екосистеми</b>
<b>Солоність</b>	Низька	Висока
<b>Розмір</b>	Від невеликих ставків до великих озер	Найбільші екосистеми на планеті
<b>Різноманітність видів</b>	Зазвичай нижча, ніж в океані	Висока, особливо в коралових рифах
<b>Продуктивність</b>	Залежить від кількості поживних речовин	Висока в прибережних зонах, нижча в відкритому океані
<b>Вплив людини</b>	Сильно відчують антропогенний тиск	Зазнають значного впливу забруднення, перелову, зміни клімату

### *Фактори, що впливають на функціонування водних екосистем*

Температура впливає на швидкість біохімічних реакцій, розчинність газів у воді, розподіл видів.

Світло необхідне для фотосинтезу, впливає на вертикальне розподілення організмів.

Солоність визначає які види можуть жити в даній екосистемі.

Рівень кисню необхідний для дихання більшості організмів.

Поживні речовини впливають на продуктивність екосистеми.

Рух води визначає розподіл поживних речовин, кисню та організмів.

## Лекція 7

### Тема: Екологічний моніторинг в аквакультурі. Вплив зміни клімату на водні екосистеми та аквакультуру

#### План

1. Поняття та завдання екологічного моніторингу
2. Методи екологічного моніторингу в аквакультурі
3. Інструменти для контролю якості води в аквакультурі
4. Біологічний моніторинг у водних системах
5. Регулярність та важливість моніторингу для запобігання екологічній проблемі
6. Стратегії адаптації аквакультури до зміни клімату
7. Тематичні дослідження: приклади успішного екологічного моніторингу та адаптації до зміни клімату

#### 1. Поняття та завдання екологічного моніторингу

**Екологічний моніторинг** — це система спостережень, оцінки та прогнозування стану довкілля, яка дозволяє вчасно виявляти зміни в екосистемах і оцінювати вплив антропогенних або природних факторів на навколишнє середовище. Основна мета екологічного моніторингу — забезпечити надійну інформацію для прийняття рішень щодо збереження природи, раціонального використання ресурсів і мінімізації негативних впливів на екосистеми.

#### *Основні завдання екологічного моніторингу:*

- 1) Спостереження за станом довкілля. Постійний контроль за ключовими показниками екосистем (якість води, повітря, ґрунтів) для фіксування поточних змін.
- 2) Виявлення джерел забруднення. Визначення локальних і глобальних джерел забруднення, що впливають на екологічний стан територій чи акваторій.
- 3) Оцінка впливу антропогенних факторів. Аналіз впливу діяльності людини (промисловості, сільського господарства, транспорту) на навколишнє середовище та визначення ступеня його деградації.
- 4) Прогнозування змін у довкіллі. Розробка моделей і прогнозів можливих змін у стані екосистем під впливом різних факторів, включаючи зміни клімату або природні катаклізми.
- 5) Оцінка екологічних ризиків. Визначення потенційних загроз для здоров'я людини та природних систем на основі зібраних даних.
- 6) Розробка заходів для збереження екосистем. Створення стратегій і рекомендацій для зменшення негативного впливу та забезпечення сталого розвитку.
- 7) Контроль за виконанням екологічних норм і законодавства. Моніторинг відповідності господарської діяльності встановленим екологічним стандартам і регламентам.

#### *Види екологічного моніторингу:*

Біологічний моніторинг - вивчення стану біоти (рослин, тварин, мікроорганізмів) як індикаторів екологічного стану.

Хімічний моніторинг - аналіз концентрації забруднювальних речовин у воді, повітрі, ґрунті.

Фізичний моніторинг - оцінка фізичних параметрів довкілля (температура, радіація, шумове забруднення).

Соціально-екологічний моніторинг - аналіз впливу змін довкілля на здоров'я та добробут людей.

## 2. Методи екологічного моніторингу в аквакультурі

### *Основні методи екологічного моніторингу в аквакультурі:*

**Фізико-хімічний моніторинг:** вимірювання температури, прозорості, рН, солоності; визначення вмісту розчиненого кисню; аналіз вмісту поживних речовин (нітратів, фосфатів); визначення вмісту токсичних речовин.

**Біологічний моніторинг:** моніторинг фітопланктону та зоопланктону; моніторинг макробезхребетних; моніторинг риби; моніторинг донних відкладень.

**Гідроакустичний моніторинг:** визначення біомаси риби; оцінка розподілу риби.

**Географічні інформаційні системи (ГІС):** створення карт; аналіз даних.

**Молекулярні методи:** ДНК-штрихкодування; метагеноміка.

## 3. Біологічний моніторинг у водних системах

**Біологічний моніторинг** – це метод оцінки стану водних екосистем, який базується на вивченні живих організмів, що населяють водойму. Різноманітність видів, їхня чисельність та фізіологічний стан можуть вказати на якість води, наявність забруднювачів та загальний стан екосистеми.

### *Чому саме біологічний моніторинг?*

Інтегральний показник. Організми інтегрують вплив різних факторів середовища протягом тривалого часу.

Чутливість до змін. Багато видів є чутливими до навіть незначних змін умов середовища.

Доступність. Багато організмів легко відібрати та ідентифікувати.

Комплексність. Дозволяє оцінити стан екосистеми на різних рівнях організації (від популяцій до угруповань).

**Об'єкти біологічного моніторингу:** фітопланктон; зоопланктон; бентос; риби; макробезхребетні.

### *Методи біологічного моніторингу*

Відбір проб. Проби відбирають з різних глибин, в різних точках водойми.



Ідентифікація організмів. Використовують мікроскопи, визначники, молекулярні методи.

Облік чисельності. Підрахунок особин або біомаси.

Оцінка фізіологічного стану. Аналіз біохімічних показників, морфологічних особливостей.

Аналіз спільнот. Оцінка видового різноманіття, структури спільнот.

### *Індекси біологічного якості*

Для оцінки стану водних екосистем використовують різноманітні індекси, які базуються на видовому складі, чисельності та інших характеристиках біологічних спільнот.

#### *Приклади індексів:*

**Індекс Маккензі** - оцінює якість води за видовим складом макробезхребетних.

**ІБВВ (Індекс біотичного ушкодження води)** - враховує видовий склад і чисельність макробезхребетних.

**Іхтіоіндекс** - оцінює стан рибних популяцій.

#### 4. Регулярність та важливість моніторингу для запобігання екологічній проблемі

**Моніторинг довкілля** – це систематичний процес спостереження, оцінки та прогнозування змін стану навколишнього середовища під впливом природних і антропогенних факторів. Регулярність та системність цього процесу є ключовими для своєчасного виявлення екологічних проблем та запобігання їхньому поглибленню.

Чому ж регулярний моніторинг настільки важливий? По-перше, він дозволяє виявляти проблеми на ранніх стадіях, коли їх ще можна легко усунути. Уявіть, що ви помітили невелику тріщину в дамбі. Якщо її вчасно полагодити, ви уникнете великої повені. Так само і з екологічними проблемами: чим раніше ми їх виявимо, тим менше зусиль і ресурсів доведеться витратити на їх вирішення.

По-друге, моніторинг допомагає оцінити ефективність природоохоронних заходів. Якщо ми впроваджуємо нові технології або змінюємо виробничі процеси з метою зменшення шкідливого впливу на довкілля, то моніторинг дозволяє нам зрозуміти, наскільки успішні ці заходи.

По-третє, завдяки моніторингу ми можемо прогнозувати майбутні зміни в екосистемах. Це дозволяє нам розробляти превентивні заходи та готуватися до можливих криз. Наприклад, якщо ми бачимо, що рівень моря поступово підвищується, то можемо вжити заходів для захисту прибережних територій.

По-четверте, дані моніторингу є основою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Без достовірної інформації про стан довкілля неможливо розробити ефективні політики в галузі охорони навколишнього середовища.

І нарешті, моніторинг дозволяє інформувати суспільство про стан довкілля. Коли люди розуміють, які екологічні проблеми існують і які наслідки вони можуть мати, вони готові долучатися до їх вирішення.

Які ж екологічні проблеми можна запобігти за допомогою моніторингу? Перелік досить широкий: забруднення повітря, води та ґрунту, зниження біорізноманіття, кліматичні зміни, стихійні лиха.

Для здійснення моніторингу використовують різноманітні методи та інструменти. Це можуть бути як традиційні методи відбору проб і лабораторних аналізів, так і сучасні технології дистанційного зондування, геоінформаційні системи та моделювання.

Регулярність моніторингу залежить від багатьох факторів, таких як тип екосистеми, характер антропогенного впливу та цілі моніторингу. Для деяких екосистем, наприклад, для заповідних територій, може бути необхідний більш частіший моніторинг.

## **5. Стратегії адаптації аквакультури до зміни клімату**

Зміна клімату є одним з найбільших викликів сучасності, який значно впливає на всі сфери людської діяльності, зокрема і на аквакультуру. Підвищення температури води, зміна рівня моря, більш часті екстремальні погодні явища, такі як шторми та посухи, створюють значні ризики для цього сектору. Однак, аквакультура також має потенціал для адаптації до нових умов та навіть для пом'якшення наслідків зміни клімату.

Однією з ключових стратегій адаптації є диверсифікація виробництва. Це передбачає вирощування більш стійких видів риб та інших водних організмів, які можуть виживати в умовах підвищених температур та змінної солоності. Також важливо розвивати полікультуру, тобто вирощування кількох видів в одному водоймищі, що підвищує стійкість системи до зовнішніх впливів.

Важливу роль відіграє і вдосконалення систем управління водоймами. Сучасні технології дозволяють більш точно контролювати температуру води, рівень кисню, солоність та інші параметри, що є особливо важливим в умовах зміни клімату. Крім того, необхідно розробляти системи раннього попередження про екстремальні погодні явища, щоб вчасно вживати необхідних заходів для захисту вирощуваних організмів.

Для адаптації аквакультури до зміни клімату також важливо зміцнювати інфраструктуру. Це стосується як самих водойм, так і супутніх споруд – насосних станцій, систем аерації тощо. Необхідно забезпечити їхню стійкість до екстремальних погодних умов та підвищення рівня моря.

Важливим аспектом адаптації є розвиток генетичних ресурсів. Селекція стійких до стресу штамів риб та інших водних організмів дозволить підвищити їхню виживаність в умовах зміни клімату.

Крім того, необхідно змінювати підходи до годівлі. Склад кормів повинен адаптуватися до нових умов вирощування, забезпечуючи рибу необхідними поживними речовинами та підвищуючи її стійкість до хвороб.

Важливим елементом адаптації є також співпраця між науковцями, виробниками та урядовими органами. Обмін досвідом, розробка спільних проектів та підтримка наукових досліджень дозволять знайти ефективні рішення для адаптації аквакультури до зміни клімату.

Адаптація аквакультури до зміни клімату – це складний і багатогранний процес, який вимагає комплексних заходів. Однак, інвестуючи в розвиток стійких систем аквакультури, ми можемо забезпечити стабільне виробництво водних продуктів харчування навіть в умовах зміни клімату.

## **6. Тематичні дослідження: приклади успішного екологічного моніторингу та адаптації до зміни клімату**

Зміна клімату є одним з найбільших викликів сучасності, який впливає на всі сфери людської діяльності, зокрема і на природні екосистеми. Ефективне управління цими змінами вимагає не лише розуміння процесів, що відбуваються, але й впровадження практичних заходів адаптації. Екологічний моніторинг є одним з основних інструментів для оцінки стану екосистем, виявлення проблем та розробки ефективних стратегій адаптації.

### *Приклади успішного екологічного моніторингу та адаптації:*

Коралові рифи Австралії. В Австралії впроваджено масштабну програму моніторингу Великого Бар'єрного рифу, яка дозволяє відстежувати стан коралів, вплив на них підвищення температури води, закислення океану та інших антропогенних факторів. Отримані дані використовуються для розробки заходів з охорони та відновлення рифу, таких як створення морських заповідників, скорочення забруднення та боротьба з інвазивними видами.

Бореальні ліси Канади. В Канаді здійснюється тривалий моніторинг бореальних лісів, що дозволяє відстежувати їхню реакцію на зміну клімату. Дані моніторингу використовуються для прогнозування поширення шкідників, пожеж та інших негативних явищ, а також для розробки стратегій управління лісовими ресурсами з урахуванням нових кліматичних умов.

Дельта річки Меконг, В'єтнам. В дельті річки Меконг, одній з найбільш вразливих до зміни клімату регіонів світу, впроваджено систему інтегрованого управління водними ресурсами. Ця система дозволяє враховувати зміни клімату при плануванні сільськогосподарського виробництва, рибного господарства та інших видів діяльності, що залежать від водних ресурсів.

Міста США. Багато міст США розробили плани адаптації до зміни клімату, які включають заходи зі зменшення ризику повеней, посух та екстремальних температур. Ці плани базуються на даних моніторингу кліматичних змін та включають заходи з підвищення енергоефективності, розвитку зеленої інфраструктури та управління водними ресурсами.

## Лекція 8

### Тема: Біотехнологічні методи у збереженні екології аквакультури

#### План

1. Загальне поняття про біотехнологію та її застосування у водних екосистемах.
2. Мікробіологічні методи очищення води.
3. Роль фітопланктону та водоростей в очищенні водних екосистем
4. Генетичні методи поліпшення популяцій аквакультури
5. Біоенергетичні ресурси в аквакультурі
6. Біополімери та біоматеріали в аквакультурі
7. Антибактеріальні та протипаразитарні біотехнології
8. Роль нанотехнологій у збереженні екології аквакультури
9. Біосенсори для моніторингу якості води
10. Застосування інтегрованих систем в аквакультурі
11. Сучасні дослідження та інновації в біотехнології для аквакультури

#### **1. Загальне поняття про біотехнологію та її застосування у водних екосистемах.**

Біотехнологія – це галузь науки та технологій, яка використовує живі організми та біологічні процеси для розробки або модифікації продуктів чи процесів з метою вирішення конкретних завдань. У контексті водних екосистем, біотехнологія надає потужні інструменти для подолання екологічних проблем, покращення якості води та підвищення ефективності аквакультури.

#### ***Основні напрямки застосування біотехнології у водних екосистемах:***

Біотехнологія дозволяє використовувати мікроорганізми для розкладання забруднювачів, таких як нафта, пестициди та важкі метали. Цей процес називається біоремедіацією. Крім того, біофільтри, в яких мікроорганізми закріплені на носії, ефективно очищають воду від органічних забруднень. А водорості можуть бути використані для виробництва біопластику, екологічно чистої альтернативи традиційним пластикам.

За допомогою біотехнології можна створювати штами риб та інших водних організмів з покращеними характеристиками, такими як стійкість до хвороб, швидкий ріст та висока якість продукції. Використання пробіотиків – корисних бактерій – покращує здоров'я водних організмів та якість води в ставках. Також розробляються нові види кормів на основі біотехнологічних процесів, що підвищують ефективність використання кормів та знижують негативний вплив на довкілля.

Біотехнологічні методи дозволяють використовувати біосенсори для виявлення забруднювачів у воді та генетичні маркери для оцінки біорізноманіття та стану водних екосистем.

Біотехнологія пропонує методи біоманіпуляції – використання біологічних методів для відновлення екосистем, пошкоджених в результаті антропогенного впливу. Крім того, біоінженерія дозволяє створювати штучні екосистеми або відновлювати природні за допомогою біотехнологічних методів.

## ***Переваги застосування біотехнології у водних екосистемах:***

Біотехнологічні методи часто є більш екологічними порівняно з традиційними методами.

Біотехнологічні процеси можуть бути більш ефективними і економічно вигідними.

Біотехнологічні методи дозволяють вирішувати конкретні екологічні проблеми.

### **2. Мікробіологічні методи очищення води.**

Мікробіологічні методи очищення води – це сукупність технологій, які використовують живі організми, переважно мікроорганізми, для видалення забруднень з води. Ці методи базуються на природній здатності мікроорганізмів розкладати органічні речовини та перетворювати їх на нешкідливі сполуки.

**Основні принципи мікробіологічного очищення** полягають у таких процесах, як біодеградація – розкладання органічних забруднень мікроорганізмами на простіші нешкідливі сполуки (вуглекислий газ, воду, біомасу); сорбція – поглинання забруднювачів поверхнею мікроорганізмів; та біоаккумуляція – накопичення важких металів і токсичних речовин у клітинах мікроорганізмів.

Існує кілька основних мікробіологічних методів очищення. Аеробне очищення проводиться в присутності кисню, де мікроорганізми окислюють органічні речовини до вуглекислого газу та води, використовуючись в аеротенках та біофільтрах. Анаеробне очищення, навпаки, відбувається без доступу кисню, і мікроорганізми розкладають органічні речовини до метану, вуглекислого газу та інших сполук, що використовується в метантенках. Біоремедіація – це процес використання мікроорганізмів для очищення забруднених ґрунтів і вод від нафтопродуктів, пестицидів та інших токсичних речовин.

Мікробіологічні методи очищення мають ряд переваг, таких як екологічність, економічність та ефективність видалення широкого спектра забруднень. Однак, вони також мають свої недоліки, зокрема тривалість процесу, чутливість до зовнішніх факторів та необхідність підтримки оптимальних умов.

Мікробіологічні методи очищення широко застосовуються для очищення стічних вод (промислових та комунальних), природних вод (річок, озер, підземних вод), а також для утилізації твердих побутових відходів та біоремедіації забруднених ґрунтів і вод.

Вибір конкретного методу очищення залежить від багатьох факторів, таких як вид і концентрація забруднень, об'єм води, кліматичні умови та інші.

### **3. Роль фітопланктону та водоростей в очищенні водних екосистем**

Фітопланктон та водорості відіграють життєво важливу роль у процесах самоочищення водних екосистем. Ці мікроскопічні рослини є первинними продуцентами, які перетворюють неорганічні речовини (вуглекислий газ, воду, мінеральні солі) на органічні за допомогою

фотосинтезу. Цей процес не лише забезпечує киснем водні організми, а й сприяє очищенню води від багатьох забруднювачів.

### ***Основні механізми очищення води фітопланктоном та водоростями:***

Фітопланктон активно поглинає з води розчинені органічні речовини, нітрати, фосфати та інші мінерали, які часто є наслідком забруднення. Це знижує концентрацію цих речовин у воді, запобігаючи їхньому надмірному накопиченню та евтрофікації водойм.

Водорості та фітопланктон, як і будь-які інші живі організми, дихають, поглинаючи розчинений у воді кисень і виділяючи вуглекислий газ. Цей процес сприяє окисленню органічних забруднень, перетворюючи їх на простіші нешкідливі сполуки.

Клітини водоростей мають здатність сорбувати на своїй поверхні різноманітні забруднювачі, включаючи важкі метали, пестициди та інші токсичні речовини. Це допомагає вилучати ці речовини з водного середовища.

Розмножуючись, фітопланктон створює значну біомасу, яка потім стає кормом для інших водних організмів. Таким чином, відбувається передача забруднювачів по трофічних ланцюгах, що може призвести до їхнього накопичення у тканинах риб та інших тварин, але одночасно виводить їх з водного середовища.

Значення фітопланктону та водоростей для екосистем:

- Фітопланктон є основою харчового ланцюга у водних екосистемах, забезпечуючи їжею безліч видів тварин.
- Водорості допомагають підтримувати кислотно-лужний баланс води та насичують її киснем.
- Фітопланктон є основним продуцентом органічних речовин у водних екосистемах.

### ***Проблеми та загрози:***

Незважаючи на свою важливу роль, фітопланктон та водорості можуть зазнавати негативного впливу антропогенних факторів, таких як забруднення води, евтрофікація, зміна клімату. Ці фактори можуть призвести до масового розмноження окремих видів водоростей (цвітіння води), що негативно впливає на якість води та біорізноманіття.

## **4. Генетичні методи поліпшення популяцій аквакультури**

Генетичні технології революціонізують галузь аквакультури, надаючи в руки вчених потужні інструменти для створення більш продуктивних, стійких та якісних видів риб та інших водних організмів. Завдяки прогресу в молекулярній біології та генетиці, можливості для вдосконалення аквакультури стали практично безмежними.

***Ключові генетичні методи, що застосовуються в цій галузі, включають:***

Селекція	Цей традиційний метод полягає у відборі особин з бажаними ознаками (швидкий ріст, стійкість до хвороб, високий вміст поживних речовин) для подальшого розмноження. Сучасні
----------	--



	молекулярні маркери дозволяють значно прискорити цей процес, дозволяючи виявляти бажані гени на ранніх стадіях розвитку організму, ще до того, як він проявить відповідні фенотипові ознаки.
Генетична модифікація	Цей метод передбачає введення в геном організму чужорідного гена, що кодує бажану ознаку. Наприклад, можна створити рибу, стійку до хвороб, шляхом введення гена, що кодує білок, який захищає від збудників хвороб.
Генетичне редагування	На відміну від генетичної модифікації, цей метод дозволяє вносити точні зміни в існуючий геном організму без введення стороннього генетичного матеріалу. За допомогою інструментів, таких як CRISPR-Cas9, вчені можуть "виправляти" мутації, що призводять до небажаних ознак, або створювати нові комбінації генів.
Поліплоїдизація	Цей метод передбачає збільшення кількості хромосом в клітинах організму. Поліплоїдні організми часто мають більші розміри, підвищену плодючість та інші позитивні ознаки.
Гібридизація	Схрещування різних видів або підвидів дозволяє отримати гібриди з новими комбінаціями ознак, які можуть бути корисними для аквакультури. Наприклад, гібриди можуть бути більш стійкими до хвороб, мати кращу виживаність або швидший ріст.

*Застосування генетичних методів в аквакультурі має ряд переваг:*

- 1) Підвищення продуктивності. Швидший ріст, більша маса тіла, краща конверсія корму дозволяють отримувати більше продукції з менших обсягів виробництва.
- 2) Покращення якості продукції. Генетично модифіковані організми можуть мати покращений смак, підвищений вміст білка або інших поживних речовин.
- 3) Стійкість до хвороб та несприятливих умов. Це дозволяє зменшити втрати виробництва та підвищити стабільність галузі.
- 4) Зменшення використання антибіотиків. Створення стійких до хвороб штамів риб дозволяє зменшити використання антибіотиків, що покращує безпеку продуктів харчування та зменшує ризик розвитку антибіотикорезистентності.
- 5) Збереження біорізноманіття. Генетичні методи можуть бути використані для збереження рідкісних і зникаючих видів риб.

## 5. Біоенергетичні ресурси в аквакультурі

Біоенергетика – це галузь, яка займається отриманням енергії з біомаси. В контексті аквакультури, біоенергетичні ресурси – це фактично відходи та побічні продукти рибництва, які можна перетворити на цінну енергію. Це відкриває нові перспективи для сталого розвитку аквакультури, зменшення впливу на навколишнє середовище та підвищення економічної ефективності.

Основними біоенергетичними ресурсами в аквакультурі є біомаса водоростей, органічні відходи (нез'їдені корми, екскременти риб, відмерла біомаса) та біологічні плівки, що утворюються на поверхнях обладнання та в самих водоймах. Ці ресурси можуть бути використані для виробництва біогазу, біопалива або біодобрив.

Використання біоенергетичних ресурсів в аквакультури має низку переваг: зменшення впливу на довкілля (переробка органічних відходів допомагає зменшити забруднення водою), збільшення енергетичної ефективності (використання біогазу для виробництва електроенергії та тепла), циклічність виробництва (перетворення відходів на енергію створює замкнутий цикл виробництва) та отримання додаткових продуктів (крім біогазу, з біомаси можна отримувати біодобрива та інші цінні продукти).

Для переробки біомаси використовують такі технології як анаеробне травлення (найпоширеніший метод переробки органічних відходів на біогаз), термічна обробка (використовується для отримання біопалива з водоростей) та метаногенез (процес виробництва біометану з органічних відходів за допомогою специфічних мікроорганізмів).

Використання біоенергетичних ресурсів в аквакультури – це перспективний напрямок, який дозволяє зробити виробництво водних продуктів більш екологічним та економічно ефективним. Впровадження таких технологій сприяє створенню сталого розвитку аквакультури та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

## 6. Біополімери та біоматеріали в аквакультури

Біополімери та біоматеріали все частіше знаходять своє застосування в аквакультури, відкриваючи нові перспективи для створення більш екологічно чистих та ефективних систем вирощування водних організмів.

**Біополімери** – це природні полімери, які виробляються живими організмами. Прикладами біополімерів є білки, вуглеводи, ліпіди та нуклеїнові кислоти.

**Біоматеріали** – це матеріали, створені на основі біологічних полімерів або біологічних тканин. Вони можуть бути як природного походження (наприклад, хітин, колаген), так і отримані за допомогою біотехнологічних методів.

Біополімери та біоматеріали можуть використовуватися для створення нових видів кормів для риб та інших водних організмів, які можуть бути більш поживними, легше засвоюватися і мати менший негативний вплив на довкілля. Крім того, біофільтри, заповнені біоматеріалами, ефективно очищають воду від забруднень, покращуючи умови утримання водних організмів. Біоматеріали також можуть використовуватися для створення конструкцій для аквакультурних систем, таких як басейни, труби тощо, оскільки вони є більш екологічними та біорозкладними, ніж традиційні матеріали. Також, біоматеріали можуть служити носіями для корисних мікроорганізмів, які сприяють очищенню води та покращують здоров'я водних організмів.

Переваги використання біополімерів та біоматеріалів в аквакультури очевидні: екологічність, біологічна сумісність, відновлюваність та відкриття нових можливостей для розвитку. Біоматеріали є біорозкладними та не завдають шкоди довкіллю, вони добре переносяться водними організмами і часто отримуються з відновлюваних джерел сировини. Крім того, біоматеріали відкривають нові можливості для створення інноваційних продуктів та технологій в аквакультури.

## 7. Антибактеріальні та протипаразитарні біотехнології

Антибактеріальні та протипаразитарні біотехнології – це сучасні наукові напрямки, які поєднують знання біології, хімії та інженерії для розробки нових методів боротьби з інфекційними захворюваннями, спричиненими бактеріями та паразитами. Ці технології дозволяють створювати ефективні та безпечні засоби для лікування людей, тварин та рослин, а також для захисту довкілля.

### *Основні напрямки досліджень та застосування:*

Розробка нових антибіотиків	Традиційні антибіотики поступово втрачають свою ефективність через розвиток резистентності у бактерій. Біотехнології дозволяють створювати нові антибіотики з унікальними властивостями, які можуть подолати резистентність бактерій.
Швидка ідентифікація патогенів	Біотехнологічні методи дозволяють швидко і точно ідентифікувати збудників інфекційних захворювань, що значно прискорює діагностику та призначення лікування.
Створення вакцин нового покоління	Біотехнології дозволяють розробляти вакцини, які є більш ефективними, безпечними та стабільними, ніж традиційні вакцини.
Розробка протипаразитарних препаратів	За допомогою біотехнологій створюються нові препарати для боротьби з паразитарними інфекціями, які вражають як людей, так і тварин.
Біологічна боротьба зі шкідниками	Біотехнологічні методи дозволяють розробляти біологічні пестициди для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур, що є більш безпечними для довкілля, ніж хімічні пестициди.
Біосенсори для виявлення патогенів	Біотехнологічні сенсори дозволяють швидко і точно виявляти патогенні мікроорганізми в харчових продуктах, воді та інших об'єктах навколишнього середовища.

## 8. Роль нанотехнологій у збереженні екології аквакультури

Нанотехнології, з їхньою здатністю працювати на рівні атомів і молекул, відкривають нові перспективи для вирішення багатьох проблем, зокрема й у галузі аквакультури. Застосування нанотехнологій дозволяє розробляти інноваційні рішення для збереження екології водних систем та підвищення ефективності виробництва аквакультурної продукції.

Основними напрямками застосування нанотехнологій в аквакультурі є моніторинг якості води за допомогою наносенсорів, які дозволяють швидко і точно виявляти навіть найменші концентрації забруднювачів та оперативно реагувати на зміни у водному середовищі. Наноматеріали з високою сорбційною здатністю ефективно очищають воду від шкідливих речовин, таких як важкі метали, органічні забруднювачі та патогенні мікроорганізми. Наночастинки можуть використовуватися для доставки ліків до хворих риб, що дозволяє знизити дозування препаратів та зменшити їхній негативний вплив на довкілля.

Нанопокриття для обладнання та конструкцій аквакультурних систем запобігають утворенню біоплівки, що знижує витрати на очищення та дезінфекцію. Наночастинки також можуть бути використані для створення кормів з покращеними харчовими властивостями та підвищеною біодоступністю поживних речовин.

Переваги застосування нанотехнологій в аквакультурі полягають у високій ефективності, селективності, біосумісності та економічній ефективності. Нанотехнології дозволяють досягти високої ефективності очищення води та доставки ліків, наночастинки можуть бути спеціально розроблені для взаємодії з певними забруднювачами або патогенами, багато наноматеріалів є біосумісними і не завдають шкоди водним організмам, а застосування нанотехнологій може знизити витрати на виробництво аквакультурної продукції.

Незважаючи на значний потенціал, застосування нанотехнологій в аквакультурі пов'язане з певними викликами, такими як необхідність проведення додаткових досліджень для оцінки їхнього впливу на довкілля та здоров'я людини, а також розробка ефективних методів утилізації наноматеріалів після їх використання.

Подальший розвиток нанотехнологій відкриває широкі перспективи для створення більш екологічно чистих та ефективних систем аквакультури. Завдяки нанотехнологіям можна буде досягти значного прогресу у вирішенні проблем забруднення водних екосистем, підвищення якості та безпеки аквакультурної продукції, а також збереження біорізноманіття.

## 9. Біосенсори для моніторингу якості води

Біосенсори – це аналітичні прилади, які використовують біологічні компоненти (ферменти, антитіла, нуклеїнові кислоти тощо) для виявлення та кількісного визначення різних речовин. Завдяки своїй високій чутливості, селективності та швидкості, біосенсори знайшли широке застосування в різних галузях, зокрема у моніторингу якості води.

Основний принцип роботи біосенсора полягає у взаємодії аналізованої речовини з біологічним елементом (біорецептором), що призводить до зміни фізико-хімічних властивостей системи. Ця зміна фіксується трансдуктором і перетворюється в електричний сигнал, який може бути зареєстрований і проаналізований.

### *Складові частини біосенсора:*

<i><b>Біорецептор</b></i>	<i><b>Трансдуктор</b></i>	<i><b>Перетворювач сигналу</b></i>
Біологічний елемент, який специфічно взаємодіє з аналізованою речовиною (фермент, антитіло, ДНК, клітина).	Пристрій, який перетворює біологічну взаємодію в вимірюваний сигнал (електричний, оптичний, масовий тощо).	Електронний пристрій, який обробляє сигнал від трансдуктора і виводить результат у зручній для користувача формі.

### *Застосування біосенсорів для моніторингу якості води*

Біосенсори дозволяють швидко і точно визначати різноманітні забруднювачі у воді, такі як:

- Важкі метали: свинець, кадмій, ртуть та інші.
- Органічні сполуки: пестициди, феноли, нафтопродукти.
- Патогенні мікроорганізми: бактерії, віруси.
- Біогенні елементи: нітрати, нітрити, фосфати.

#### ***Переваги використання біосенсорів:***

- 1) Дозволяють виявляти навіть дуже низькі концентрації забруднювачів.
- 2) Здатні визначати конкретні речовини в складних матрицях.
- 3) Аналіз зразків займає мало часу.
- 4) Багато біосенсорів є компактними і мобільними.

#### ***Типи біосенсорів***

Існує багато різних типів біосенсорів, які класифікуються за типом біорецептора, трансдуктора та принципом дії. Найбільш поширені:

<b><i>Електрохімічні біосенсори</i></b>	<b><i>Оптичні біосенсори</i></b>	<b><i>П'єзоелектричні біосенсори</i></b>
Використовують електрохімічні методи для виявлення аналіту	Засновані на зміні оптичних властивостей системи при взаємодії аналіту з біорецептором	Використовують зміну частоти коливань п'єзоелектричного кристалу при адсорбції аналіту

### **10. Застосування інтегрованих систем в аквакультурі**

Інтегровані системи в аквакультурі – це сучасний підхід до вирощування водних організмів, який передбачає поєднання різних видів водних культур та організмів в одній системі. Цей підхід дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси, зменшити негативний вплив на довкілля та підвищити економічну ефективність виробництва.

Інтегровані системи аквакультури працюють за принципом біологічного кругообігу речовин. Відходи життєдіяльності одних організмів слугують поживними речовинами для інших, що дозволяє мінімізувати використання зовнішніх джерел кормів і зменшити забруднення води.

#### ***Типові компоненти інтегрованих систем:***

- Вирощування риби
- Вирощування водоростей
- Розведення моллюсків
- Вирощування ракоподібних

Основний вид діяльності, який забезпечує отримання товарної продукції. Водорості поглинають надлишок поживних речовин і виділяють кисень, покращуючи якість води. Моллюски фільтрують воду, очищаючи її від органічних речовин і зважених частинок. Ракоподібні також фільтрують воду і слугують кормом для риби.

## *Переваги інтегрованих систем*

Висока продуктивність за рахунок ефективного використання ресурсів. Зменшення негативного впливу на довкілля, зменшення споживання води, кормів, енергії та викидів забруднюючих речовин. Поліпшення якості води за рахунок біологічної очистки. Різноманітність видів забезпечує стійкість системи до зовнішніх впливів. Зменшення витрат на корми, енергію та очищення води.

## *Типи інтегрованих систем*

Існують різні типи інтегрованих систем аквакультури, які відрізняються за складом видів, технологічними особливостями та масштабами. Найбільш поширені:

Інтегровані мультитрофні системи аквакультури (ІМТА) - поєднують вирощування риби, моллюсків, ракоподібних і водоростей.

Системи біофлотації - використовують мікроорганізми для очищення води та виробництва біомаси.

Системи біофільтрації - використовують фільтри з біологічними матеріалами для очищення води.

## **11. Сучасні дослідження та інновації в біотехнології для аквакультури**

Біотехнологія відіграє все більшу роль у розвитку аквакультури, надаючи інструменти для підвищення продуктивності, покращення якості продукції та збереження довкілля. Ось деякі з найактуальніших напрямків досліджень:

### *Генетична модифікація*

Революційним проривом у галузі генетичної модифікації стала технологія CRISPR/Cas9, яка дозволяє вносити точкові зміни в геном організму. Це відкриває нові перспективи для розробки сортів риб з бажаними ознаками без необхідності введення чужорідних генів. Також, дослідники активно вивчають можливості перепрограмування соматичних клітин риб у стовбурові. Це дозволить отримувати генетично однорідні популяції риб з бажаними характеристиками, що значно спростить селекційну роботу та підвищить ефективність аквакультури.

Застосування методів генетичної модифікації в аквакультурі відкриває широкі перспективи для вирішення глобальних проблем, таких як дефіцит білка, забезпечення продовольчої безпеки та збереження біорізноманіття. Однак, разом з тим, виникають етичні питання, пов'язані з можливими негативними наслідками для довкілля та здоров'я людини. Тому, подальші дослідження в цій галузі повинні проводитися з урахуванням всіх можливих ризиків та з дотриманням високих стандартів біобезпеки.

### *Розробка нових кормів*

Сучасна аквакультура активно використовує досягнення біотехнології для розробки нових, більш ефективних і безпечних кормів для риб. Одним із перспективних напрямків є



використання пробіотиків та пребіотиків. Пробиотики – це живі мікроорганізми, які при введенні в організм сприяють покращенню його здоров'я. Додавання пробіотиків до кормів для риб допомагає зміцнити імунну систему риб, покращити травлення та зменшити кількість патогенних мікроорганізмів у кишечнику. Пребіотики – це неперетравлювані компоненти корму, які слугують субстратом для росту корисних бактерій у кишечнику. Комбіноване застосування пробіотиків та пребіотиків дозволяє створити оптимальні умови для розвитку корисної мікрофлори кишечника риб і таким чином підвищити їхню стійкість до хвороб.

Ще одним важливим напрямком є розробка функціональних кормів, тобто кормів, збагачених різноманітними біологічно активними речовинами, такими як вітаміни, мінерали, антиоксиданти, ферменти та інші. Такі корми сприяють підвищенню імунітету риб, покращенню їхнього росту та розвитку, а також підвищенню якості продукції.

Перспективним джерелом білка для виробництва кормів для риб є мікроводорості. Мікроводорості містять високий вміст білка, вітамінів, мінералів та інших корисних речовин. Використання білкових концентратів з мікроводоростей дозволяє зменшити залежність аквакультури від традиційних джерел білка, таких як рибна мука, та зменшити тиск на природні екосистеми.

### ***Методи діагностики хвороб***

Сучасна аквакультура активно використовує новітні технології для своєчасного виявлення та діагностики хвороб у риб. Одним із найперспективніших напрямків є молекулярна діагностика. Вона дозволяє виявляти збудників хвороб на генетичному рівні, що значно підвищує точність і швидкість діагностики. Завдяки молекулярним методам можна виявити навіть найменші кількості збудників, що дозволяє почати лікування на ранніх стадіях захворювання, коли риба ще не проявляє явних симптомів.

Іншим ефективним інструментом для діагностики хвороб у риб є біосенсори. Біосенсори – це аналітичні прилади, які використовують біологічні компоненти (ферменти, антитіла, нуклеїнові кислоти тощо) для виявлення різних речовин. Біосенсори для діагностики хвороб у риб дозволяють швидко і точно виявляти різноманітні патогени як у воді, так і в тканинах риб. Це дозволяє проводити регулярний моніторинг здоров'я риб і своєчасно виявляти можливі загрози.

Застосування молекулярних методів діагностики та біосенсорів в аквакультурі дозволяє підвищити ефективність профілактичних заходів, зменшити використання антибіотиків та інших ветеринарних препаратів, а також забезпечити виробництво безпечної та якісної аквакультурної продукції.

### ***Очищення води та біоремедіація в аквакультурі***

Одним із ключових аспектів сталого розвитку аквакультури є збереження чистоти водного середовища. Для цього активно застосовуються біотехнологічні методи очищення води, зокрема, біофільтрація та біоремедіація.

Біофільтрація – це процес, під час якого мікроорганізми, що заселяють спеціальні фільтри, розкладають органічні речовини, такі як аміак, нітрати та інші шкідливі сполуки, перетворюючи їх на нешкідливі речовини. Цей метод дозволяє ефективно очищати воду від

продуктів життєдіяльності водних організмів та інших забруднень, покращуючи якість води в аквасистемах.

Біоремедіація – це процес використання мікроорганізмів для розкладання шкідливих речовин у воді. Цей метод особливо ефективний для очищення води від органічних забруднювачів, таких як нафтопродукти, пестициди та інші токсичні речовини. Мікроорганізми, що використовуються для біоремедіації, здатні розкласти складні органічні сполуки на прості, нешкідливі для довкілля речовини.

## Лекція 9

### Тема: Інвазивні види та їх вплив на водні екосистеми

#### План

1. Поняття інвазивних видів та їх характеристика.
2. Шляхи проникнення інвазійних видів у водні екосистеми
3. Характеристика основних інвазивних видів у водних екосистемах екосистемах
4. Екологічний вплив інвазійних видів
5. Економічні наслідки інвазійних видів
6. Вплив інвазивних видів на аквакультуру
7. Методи контролю та управління інвазійними видами
8. Інноваційні підходи до контролю інвазійних видів

#### 1. Поняття інвазивних видів та їх характеристика.

Інвазивні види – це чужорідні види рослин, тварин або мікроорганізмів, які, потрапивши в нову для себе екосистему, починають активно розмножуватися і поширюватися, завдаючи шкоди місцевій флорі та фауні. Вони можуть витіснити або знищувати місцеві види, порушувати природні екосистеми та завдавати значних економічних збитків.

Приклади інвазивних видів:

- Рослини: амброзія полинолиста, борщівник Сосновського, водяний гіацинт.
- Тварини: американська норка, ондатра, короп сріблястий.

Шляхи поширення інвазивних видів різноманітні: від ненавмисного завезення з баластом суден або імпортованими товарами до навмисного ввезення для декоративних цілей або акліматизації. Деякі види здатні самостійно поширюватися на нові території.

Наслідки появи інвазивних видів для екосистем є катастрофічними. Вони призводять до зниження біорізноманіття, порушення харчових ланцюгів, економічних збитків та загальної деградації екосистем.

Для боротьби з інвазивними видами застосовують різні методи: від профілактики завезення нових видів до механічного знищення, біологічного контролю та хімічної боротьби. Однак, боротьба з інвазивними видами є складною і тривалою задачею, яка вимагає комплексного підходу та міжнародної співпраці.

#### 2. Шляхи проникнення інвазійних видів у водні екосистеми

Інвазійні види можуть потрапляти у водні екосистеми різноманітними шляхами, багато з яких пов'язані з людською діяльністю. Ось деякі з найпоширеніших шляхів:

Судноплавство	Баластні води	Найбільш відомий і масштабний шлях. Судна беруть баластну воду в одному порту для стабілізації, а випускають її в іншому. Разом з водою переносяться
---------------	---------------	--

		різноманітні організми, включаючи яйця, личинки та дорослі особини.
	Обростання корпусів суден	На корпусах суден можуть прикріплюватися різні організми, які потім переносяться в нові місця.
Аквакультура	Втеча з ферм	Риби та інші водні організми можуть втекти з аквакультурних господарств під час штормів, повеней або через пошкодження конструкцій.
	Забруднення води	Стічні води з аквакультурних господарств можуть містити яйця, личинки або фрагменти рослин, які можуть стати джерелом інвазій.
Канали та шлюзи	Сполучення водойм	Канали та шлюзи створюють штучні водні шляхи, що полегшують поширення інвазивних видів між різними водоемами.
Акваріумна торгівля	Випуск небажаних організмів	Любителі акваріумів іноді випускають небажаних рибок або рослини у природні водойми.
	Забруднення водойм при чищенні акваріумів	Вода з акваріумів, яка містить залишки корму, екскременти та інші органічні речовини, може сприяти поширенню інвазивних видів.

### 3. Характеристика основних інвазивних видів у водних екосистемах екосистемах

Інвазивні види у водних екосистемах представляють серйозну загрозу для біорізноманіття та функціонування природних систем. Вони мають ряд характеристик, які дозволяють їм успішно конкурувати з місцевими видами та швидко поширюватися:

#### *Загальні характеристики інвазивних водних видів:*

Інвазивні види часто мають високі темпи росту та розмноження, що дозволяє їм швидко формувати великі популяції. Вони здатні адаптуватися до різних умов середовища, включаючи зміни температури, солоності та якості води. У нових екосистемах у них відсутні природні вороги, що контролюють їхню чисельність. Багато інвазивних видів проявляють агресивність по відношенню до місцевих видів, конкуруючи з ними за ресурси та знищуючи їх. Вони можуть виживати в широкому діапазоні умов, що дозволяє їм заселяти різноманітні водні екосистеми.

#### *Приклади інвазивних водних видів та їх вплив:*

Мідія зебра (*Dreissena polymorpha*). Цей маленький молюск утворює щільні колонії на різних поверхнях, забиваючи водопроводи, охолоджувальні системи та погіршуючи якість води.

Рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia*). Ця рослина швидко розмножується і утворює густі зарості, витісняючи місцеву рослинність і погіршуючи умови для водних тварин.

Короп сріблястий (*Carassius auratus*). Ця риба порушує харчові ланцюги, поїдаючи ікру та личинок інших видів риб, а також мутить воду, погіршуючи умови для рослин.

Водяний гіацинт (*Eichhornia crassipes*). Ця плаваюча рослина утворює щільні килими на поверхні води, перешкоджаючи проникненню світла і кисню у воду, що призводить до загибелі інших водних організмів.

#### **4. Екологічний вплив інвазійних видів**

Інвазійні види, потрапляючи в нові екосистеми, можуть спричинити значні та далекосяжні екологічні наслідки. Вони часто витісняють місцеві види, порушують харчові ланцюги та змінюють структуру екосистем.

Ось деякі з основних екологічних наслідків появи інвазійних видів: інвазивні види часто мають високу конкурентоспроможність і можуть витіснити або знищувати місцеві види, зменшуючи загальне біорізноманіття екосистеми; вони можуть стати новим джерелом їжі для місцевих хижаків або самі можуть стати хижаками для місцевих видів, порушуючи існуючі харчові ланцюги; інвазивні види можуть змінювати фізичні характеристики середовища, такі як прозорість води, склад ґрунту або структуру рослинності, що призводить до змін у структурі всієї екосистеми; деякі інвазивні види можуть бути переносниками хвороб, які можуть заражати місцеві види рослин і тварин; інвазивні види можуть схрещуватися з місцевими видами, що призводить до появи гібридів і генетичного забруднення; інвазивні види можуть змінювати кругообіг поживних речовин в екосистемах, що може призвести до евтрофікації водойм або інших негативних наслідків.

Приклади екологічних наслідків: рогіз вузьколистий утворює густі зарості, витісняючи місцеву рослинність і погіршуючи умови для водних тварин; мідія зебра утворює щільні колонії, забиваючи водопроводи та погіршуючи якість води, що впливає на всі водні організми; короп сріблястий порушує харчові ланцюги, поїдаючи ікру та личинок інших видів риб, а також мутить воду, погіршуючи умови для рослин.

#### **5. Економічні наслідки інвазійних видів**

Інвазійні види не лише завдають шкоди екосистемам, але й мають значний негативний вплив на економіку. Ці некорінні організми можуть призводити до значних фінансових втрат у різних секторах, таких як сільське господарство, рибальство, туризм та інфраструктура.

Ось деякі з основних економічних наслідків інвазійних видів: інвазивні шкідники та хвороби можуть знищувати сільськогосподарські культури, зменшуючи врожаї та підвищуючи витрати на боротьбу зі шкідниками; інвазивні види риб можуть конкурувати з місцевими видами за їжу та життєвий простір, що призводить до зниження рибопродуктивності та втрат для рибальського господарства; поява інвазійних видів може негативно вплинути на туристичну привабливість регіону, особливо якщо вони призводять до погіршення якості води або руйнування природних ландшафтів; боротьба з інвазійними видами вимагає значних фінансових витрат на дослідження, моніторинг, контроль та управління популяціями; інвазивні види можуть пошкоджувати інфраструктуру, таку як дамби, порти, трубопроводи та інші споруди. Наприклад, мідія зебра можуть утворювати щільні колонії на поверхнях, що призводить до закупорки труб і збільшення витрат на їх

очищення; зниження біорізноманіття внаслідок інвазій може призвести до втрати генетичних ресурсів та екосистемних послуг, що мають важливе значення для економіки. Приклади економічних збитків: зарості рогозу вузьколистого можуть ускладнювати судноплавство, зрошування та інші види господарської діяльності; мідія зебра завдає значних збитків енергетичному сектору, закупорюючи водозабірні труби електростанцій; короп сріблястий знижує рибопродуктивність озер та ставків, що призводить до економічних втрат для рибальства.

## **6. Вплив інвазивних видів на аквакультуру**

Інвазійні види становлять серйозну загрозу для аквакультури. Вони можуть спричинити значні економічні збитки, порушувати екологічний баланс у водоймах та ускладнювати процес вирощування культивованих видів.

Ось основні шляхи, якими інвазивні види впливають на аквакультуру: інвазивні види можуть конкурувати з культивованими видами за їжу, простір та інші ресурси, що призводить до зниження продуктивності ферм; деякі інвазивні види є хижаками і можуть поїдати молодь культивованих видів, що призводить до значних втрат; інвазивні види можуть бути переносниками хвороб, які можуть інфікувати культивовані види та спричинити масову загибель; деякі інвазивні види, такі як мідії зебра, можуть утворювати щільні колонії на поверхнях, забиваючи водозабірні труби та інше обладнання; інвазивні види можуть змінювати хімічний склад води, що негативно впливає на ріст і розвиток культивованих видів; інвазивні види можуть витіснити місцеві види, зменшуючи загальне біорізноманіття водойми, що може негативно вплинути на екосистему в цілому. Шляхи проникнення інвазивних видів в аквакультуру: судна можуть заносити інвазивні види в нові регіони разом з баластними водами; при пошкодженні сіток або інших конструкцій культивовані види можуть потрапити у природне середовище і стати інвазивними; інвазивні види можуть переноситися на інвентарі, який використовується для роботи в аквакультурі; деякі інвазивні види можуть самостійно мігрувати в нові водойми. Заходи боротьби з інвазивними видами в аквакультурі: ретельна дезінфекція інвентарю, контроль за якістю води, запобігання втечі культивованих видів; регулярний моніторинг водойм для виявлення інвазивних видів на ранніх стадіях їх поширення; використання природних ворогів інвазивних видів для контролю їхньої чисельності; застосування хімічних речовин для боротьби з інвазивними видами (тільки в крайніх випадках і під строгим контролем); видалення інвазивних видів вручну або за допомогою спеціального обладнання.

## **7. Методи контролю та управління інвазійними видами**

Боротьба з інвазійними видами є складним та багатогранним завданням, яке вимагає комплексного підходу. Ефективність того чи іншого методу залежить від конкретного виду, екосистеми та рівня інвазії. Ось деякі з найпоширеніших методів контролю та управління:

Методи боротьби з інвазивними видами включають широкий спектр підходів, від профілактичних заходів до активних методів знищення. Обираючи стратегію, необхідно враховувати конкретний вид, масштаби його поширення та особливості екосистеми.



Профілактика передбачає запобігання проникненню інвазивних видів на нові території та їх подальшому поширенню. Це досягається шляхом строгого контролю за імпортом, освіти населення та регулювання торгівлі живими організмами.

Фізичні методи полягають у прямому видаленні інвазивних організмів. Це може бути механічне видалення рослин або тварин, використання пасток для відлову.

Хімічні методи передбачають застосування гербіцидів та біоцидів для знищення інвазивних видів. Однак, цей метод слід використовувати з обережністю, оскільки хімікати можуть завдати шкоди навколишньому середовищу та нецільовим організмам.

Біологічні методи базуються на використанні природних ворогів інвазивних видів. Введення природних ворогів може ефективно контролювати чисельність шкідників, але вимагає ретельного наукового обґрунтування, щоб уникнути небажаних наслідків.

Інженерні методи передбачають створення фізичних бар'єрів для запобігання поширенню інвазивних видів, а також рекультивацію земель після їх видалення.

Найчастіше для досягнення максимального ефекту застосовують комбіновані методи. Наприклад, спочатку можуть використовувати хімічні методи для знищення основної маси популяції, а потім вводити природних ворогів для довгострокового контролю.

Важливо розуміти, що боротьба з інвазійними видами є тривалим і коштовним процесом. Ефективність обраних методів залежить від багатьох факторів. Тому розроблення стратегії боротьби з інвазійними видами має здійснюватися на основі ретельного наукового обґрунтування та з урахуванням місцевих умов.

Ключові принципи управління інвазійними видами: раннє виявлення, комплексний підхід, співпраця та профілактика. Чим раніше буде виявлено інвазивний вид, тим легше буде його контролювати. Поєднання різних методів контролю дозволяє досягти максимального ефекту. Залучення різних зацікавлених сторін до вирішення проблеми сприяє успіху боротьби з інвазіями. І, нарешті, найефективнішим способом боротьби з інвазійними видами є запобігання їх поширенню.

## **8. Інноваційні підходи до контролю інвазійних видів**

Боротьба з інвазивними видами – це глобальна проблема, яка вимагає постійного пошуку нових, ефективних та екологічно безпечних рішень. Сучасні дослідження та технології відкривають нові можливості для боротьби з цими небажаними гостями наших екосистем.

Інноваційні підходи до контролю інвазивних видів відкривають нові можливості для боротьби з цією глобальною проблемою. Вчені розробляють генетично модифіковані організми, стійкі до шкідників або хвороб, а також створюють нові пристрої та програми для швидкого виявлення інвазійних видів. Роботи та дрони використовуються для виявлення та видалення шкідників у важкодоступних місцях. Крім того, досліджуються нові біологічні агенти, такі як природні вороги інвазивних видів, а синтетична біологія дозволяє створювати

штучні мікроорганізми для боротьби з ними. Розробляються також вакцини для інвазивних видів тварин та системи раннього попередження для швидкого реагування на нові загрози.

Переваги цих підходів полягають у високій ефективності, селективності та тривалому ефекті. Однак, вони також мають свої недоліки, такі як висока вартість, можливі непередбачувані наслідки та тривалі процедури затвердження. Незважаючи на ці виклики, інноваційні підходи обіцяють більш ефективну боротьбу з інвазивними видами та збереження біорізноманіття. Поєднання традиційних методів з новими технологіями дозволить нам значно покращити ситуацію.

## Лекція 10

**Тема: Харчові ланцюги, харчові мережі та трофічні рівні. Екологічні піраміди.**

### План

1. Поняття про трофічні рівні в екосистемі.
2. Первинні трофічні рівні у водних екосистемах
3. Типи харчових ланцюгів у водних екосистемах
4. Харчові мережі та їх структура
5. Екологічні піраміди: види та значення
6. Роль екологічних пірамід у розумінні водних екосистем
7. Зміни трофічних рівнів під впливом аквакультури
8. Розробка раціональних схем годівлі та оптимізація використання ресурсів

### 1. Поняття про трофічні рівні в екосистемі.

Трофічний рівень – це місце, яке займає організм у ланцюгу живлення, або по-іншому – його "харчове положення". Усі живі організми в екосистемі пов'язані між собою харчовими взаємодіями, утворюючи складні мережі. Трофічні рівні допомагають нам зрозуміти, як енергія та речовини рухаються через екосистему.

Основні трофічні рівні:

**Продуценти** - це організми, які здатні створювати органічні речовини з неорганічних, використовуючи сонячне світло (рослини) або хімічну енергію (деякі бактерії). Вони є основою будь-якої харчової мережі.

**Консументи** - це організми, які харчуються іншими організмами. Їх поділяють на кілька порядків:

Первинні консументи: Рослиноїдні тварини, які харчуються продуцентами.

Вторинні консументи: Хижаки, які харчуються первинними консументами.

Третинні консументи: Хижаки, які харчуються вторинними консументами. І так далі.

**Редуценти** - це організми, які розкладають органічні речовини до неорганічних, повертаючи їх у кругообіг речовин в екосистемі. До них належать бактерії та гриби.

Приклад харчового ланцюга:

Трава (продуцент) → Коник (первинний консумент) → Жаба (вторинний консумент)  
→ Змія (третинний консумент)

### **Важливість трофічних рівнів:**

Передача енергії. Кожен наступний трофічний рівень отримує лише частину енергії від попереднього, оскільки частина енергії витрачається на життєдіяльність організмів і перетворюється на тепло.

Підтримання балансу. Трофічні рівні підтримують баланс в екосистемі, регулюючи чисельність популяцій різних видів.

Порушення балансу. Зміна чисельності організмів на одному трофічному рівні може призвести до порушення балансу в усій екосистемі.

## 2. Первинні трофічні рівні у водних екосистемах

Первинні трофічні рівні в будь-якій екосистемі, включаючи водні, займають продуценти – організми, які здатні створювати органічні речовини з неорганічних, використовуючи сонячне світло або хімічну енергію.

У водних екосистемах роль продуцентів найчастіше виконують мікроскопічні водорості, які плавають у товщі води і утворюють фітопланктон. Ці крихітні організми містять хлорофіл і здійснюють фотосинтез, перетворюючи сонячне світло, воду та вуглекислий газ на органічні речовини, які слугують їжею для інших організмів.

Фітопланктон є основою харчового ланцюга у більшості водних екосистем. Без нього неможливе існування інших організмів. Під час фотосинтезу фітопланктон виділяє кисень, який використовують для дихання не лише водні організми, а й наземні. Фітопланктон поглинає вуглекислий газ з атмосфери, що допомагає регулювати клімат на планеті.

Крім фітопланктону, роль продуцентів можуть виконувати: Макроскопічні водорості. Великі водорості, такі як морські водорості, також здійснюють фотосинтез і є важливим джерелом їжі для багатьох морських тварин. Деякі види бактерій, особливо в глибоководних екосистемах, здатні використовувати хімічну енергію для синтезу органічних речовин.

Фактори, що впливають на розвиток фітопланктону: Сонячне світло необхідне для фотосинтезу. Кожен вид фітопланктону має оптимальний температурний діапазон для росту. Нітрати, фосфати та інші мінеральні речовини необхідні для росту фітопланктону. Рух води забезпечує доступ фітопланктону до світла і поживних речовин.

## 3. Типи харчових ланцюгів у водних екосистемах

У водних екосистемах існують різноманітні харчові ланцюги, які відрізняються складом видів та взаємозв'язками між ними. Основні типи харчових ланцюгів у водних екосистемах можна розділити на два великі блоки:

### *1. Пасовищні харчові ланцюги*

Це найпоширеніший тип харчових ланцюгів, в яких енергія передається від продуцентів (фітопланктону) до споживачів (зоопланктону, риб, морських ссавців) через послідовність харчових взаємодій.

Приклад: Фітопланктон → Зоопланктон → Дрібна риба → Велика риба → Морський лев

## 2. Детритні харчові ланцюги

У детритних харчових ланцюгах енергія передається через розкладання органічних решток. Ці ланцюги починаються з мертвих організмів або їхніх відходів, які розкладаються бактеріями та грибами.

Приклад: Опале листя → Бактерії → Дрібні безхребетні → Риба

### *Особливості харчових ланцюгів у водних екосистемах:*

Харчові ланцюги у воді можуть мати багато рівнів, від мікроскопічних організмів до великих хижаків. У реальних умовах харчові ланцюги переплітаються, утворюючи складні трофічні мережі. Склад і структура харчових ланцюгів можуть змінюватися залежно від пори року, доступності їжі та інших факторів. Забруднення води, перелов риби та інші антропогенні фактори можуть порушувати природний баланс у харчових ланцюгах.

Приклади водних екосистем і їх харчових ланцюгів:

Океани: Фітопланктон → Зоопланктон → Дрібна риба (анчоуси, сардини) → Велика риба (тунець, акула) → Морські ссавці (кити, дельфіни)

Озера: Фітопланктон → Зоопланктон → Риба (карась, короп) → Птахи (чаплі, лебеді)

Річки: Водорості → Комахи → Риба (форель, окунь) → Птахи (рибалочки)

## 4. Харчові мережі та їх структура

Харчова мережа – це сукупність усіх харчових ланцюгів в екосистемі. На відміну від харчового ланцюга, де кожен організм має лише одного або декількох конкретних хижаків та обмежену кількість джерел їжі, харчова мережа відображає більш складні та різноманітні взаємозв'язки між організмами.

Структура харчової мережі:

Вузли - кожен організм в екосистемі є вузлом мережі.

Ребра - з'єднання між вузлами представляють харчові взаємодії (хто кого їсть).

Рівні - організми об'єднуються у трофічні рівні: продуценти, консументи різних порядків, редуценти.

Складність - харчові мережі можуть бути простими або дуже складними, залежно від різноманітності видів в екосистемі та їхніх харчових взаємодій.

Складні харчові мережі забезпечують більшу стабільність екосистеми, оскільки зникнення одного виду не призводить до катастрофічних наслідків. Харчові мережі також демонструють, як енергія переходить від одного організму до іншого через харчові взаємодії. Однак, зміни в харчовій мережі, наприклад, внаслідок діяльності людини, можуть мати непередбачувані наслідки для всієї екосистеми. Існують різні типи харчових мереж, такі як пасовищні (де основою є рослини), детритні (де основою є мертва органічна речовина) та

паразитичні. Структура харчових мереж залежить від багатьох факторів, включаючи різноманітність видів, доступність ресурсів, кліматичні умови та антропогенний вплив. Чим більше видів в екосистемі, тим складніша харчова мережа. Кількість доступної їжі впливає на кількість організмів на кожному трофічному рівні, а кліматичні умови визначають розподіл видів. Забруднення, надмірний вилов риби та вирубка лісів можуть призводити до руйнування харчових мереж. Вивчення харчових мереж допомагає нам зрозуміти, як функціонують екосистеми, як взаємодіють різні види та як зміни в навколишньому середовищі впливають на ці взаємодії. Це знання є важливим для збереження біорізноманіття та раціонального використання природних ресурсів.

## 5. Екологічні піраміди: види та значення

Екологічна піраміда – це графічне зображення, яке демонструє кількісні відносини між різними трофічними рівнями в екосистемі. Вона відображає, як змінюється біомаса, чисельність або енергія при переході від одного трофічного рівня до іншого.

Існує три основних типи екологічних пірамід:

**Піраміда чисел** відображає загальну кількість організмів на кожному трофічному рівні.

Особливості: часто має перевернуту форму, особливо в екосистемах з паразитами, де один великий організм живить багатьох паразитів.

Обмеження: не враховує розмірів організмів, тому не завжди точно відображає біомасу або енергію на кожному рівні.

**Піраміда біомаси** показує загальну біомасу (масу живих організмів) на кожному трофічному рівні.

Особливості: зазвичай має вигляд прямої піраміди, оскільки біомаса зазвичай зменшується з кожним наступним трофічним рівнем.

Обмеження: не враховує сезонних коливань біомаси.

**Піраміда енергії** відображає кількість енергії, яка проходить через кожен трофічний рівень за певний проміжок часу.

Особливості: завжди має вигляд прямої піраміди, оскільки з кожним переходом на наступний трофічний рівень частина енергії втрачається у вигляді тепла.

Найточніша: найточніше відображає реальні процеси, що відбуваються в екосистемі.

Значення екологічних пірамід є неоціненним у розумінні функціонування екосистем. Вони дозволяють наочно уявити складність харчових ланцюгів та взаємозв'язки між організмами, що входять до складу екосистеми. За допомогою пірамід можна оцінити продуктивність екосистеми, стабільність харчових ланцюгів та визначити вплив зовнішніх факторів на їх стан. Більше того, екологічні піраміди дозволяють прогнозувати можливі наслідки змін в екосистемі, наприклад, при введенні нових видів або знищенні частини популяції. Завдяки пірамідам ми можемо краще зрозуміти, як енергія переходить від одного



трофічного рівня до іншого та чому існують обмеження на кількість організмів на кожному рівні. Однак, слід пам'ятати, що екологічні піраміди є спрощеним зображенням реальних екосистем, оскільки не враховують усіх нюансів взаємодій між організмами. Крім того, біомаса і чисельність організмів можуть змінюватися протягом року, тому піраміди можуть мати різний вигляд в різні пори року. Для побудови точних пірамід необхідні детальні дані про біомасу, чисельність і продуктивність різних видів, що ускладнює їх створення. Незважаючи на ці обмеження, екологічні піраміди залишаються важливим інструментом для вивчення екосистем і дозволяють нам глибше зрозуміти процеси, що відбуваються в природі.

## 6. Роль екологічних пірамід у розумінні водних екосистем

Екологічні піраміди є незамінним інструментом для дослідників, який допомагає їм глибше зрозуміти складні взаємозв'язки в водних екосистемах. Вони дозволяють наочно представити ці взаємозв'язки, показуючи, хто ким харчується і в якій кількості. Завдяки пірамідам біомаси та енергії можна оцінити, яка кількість органічної речовини виробляється на кожному трофічному рівні, визначити, наскільки продуктивна екосистема і які фактори впливають на її продуктивність. Якщо піраміда має нетипову форму або спостерігаються різкі коливання біомаси на різних рівнях, це може свідчити про дисбаланс в екосистемі, наприклад, про надмірний вилов риби або забруднення води. Аналізуючи екологічні піраміди, можна спрогнозувати, як зміни в одній частині екосистеми вплинуть на інші її компоненти. Наприклад, зменшення популяції фітопланктону призведе до зменшення кількості зоопланктону і, як наслідок, може вплинути на популяції риб. Піраміда енергії демонструє, як енергія переходить від одного трофічного рівня до іншого і скільки енергії втрачається на кожному етапі. Це допомагає зрозуміти, чому існують обмеження на кількість організмів на кожному рівні. У водних екосистемах часто спостерігаються перевернуті піраміди біомаси, особливо в океанах. Це пов'язано з високою швидкістю розмноження фітопланктону, який має невелику біомасу, але підтримує велику біомасу зоопланктону і риб. У водних екосистемах сезонні зміни температури, освітленості та доступності поживних речовин можуть призводити до значних змін в екологічних пірамідах. Забруднення води, перелов риби, будівництво гідроелектростанцій можуть суттєво впливати на структуру водних екосистем і форму екологічних пірамід.

## 7. Зміни трофічних рівнів під впливом аквакультури

Аквакультура, як інтенсивне вирощування водних організмів, суттєво впливає на природні водні екосистеми. Одним з найпомітніших наслідків такого впливу є зміни в трофічних рівнях. Вирощування конкретних видів (риб, молюсків, водоростей) призводить до збільшення їхньої біомаси на відповідному трофічному рівні, створюючи дисбаланс у природній харчовій мережі. Введення нових видів або збільшення популяції існуючих може змінити структуру харчових ланцюгів. Аквакультура потребує великої кількості корму, що часто отримують з диких популяцій, зменшуючи їхню чисельність. Вирощування великої кількості організмів призводить до збільшення кількості органічних відходів, що забруднюють воду і негативно впливають на інші організми. Збільшення концентрації поживних речовин, органічних речовин та інших забруднювачів внаслідок аквакультури може

спричинити цвітіння води, зниження рівня кисню і загибель інших організмів. В результаті відбувається зниження біорізноманіття, деградація екосистеми і поширення хвороб. Для зменшення негативного впливу необхідно раціонально використовувати ресурси, застосовувати системи замкнутого циклу, використовувати біологічну очистку води та здійснювати регулярний моніторинг стану екосистеми. Аквакультура має великий потенціал для забезпечення продовольчої безпеки, але її розвиток повинен супроводжуватися вжиттям заходів для збереження водних екосистем. Розуміння того, як аквакультура впливає на трофічні рівні, є ключовим для розробки стійких методів вирощування водних організмів.

## **8. Розробка раціональних схем годівлі та оптимізація використання ресурсів**

Оптимізація годівлі та ефективне використання ресурсів є ключовими аспектами успішної аквакультури, що дозволяють зменшити витрати, підвищити продуктивність та зменшити негативний вплив на довкілля. Складання індивідуальних раціонів з урахуванням виду риби, забезпечення збалансованого харчування, використання кормів високої якості та регулярний моніторинг стану риби є основою раціональної годівлі. Оптимізація використання ресурсів передбачає використання альтернативних джерел білка, застосування закритих систем циркуляції води, біологічну очистку води, використання енергоефективного обладнання та прецизійної аквакультури. Такі заходи сприяють зниженню витрат, підвищенню продуктивності, зменшенню забруднення води та поліпшенню якості продукції. Розробка нових кормів, удосконалення технологій та співпраця науковців і виробників є ключовими напрямками для подальшого розвитку стійкої аквакультури.

## Лекція 11

### Тема: Вплив аквакультури на природні популяції риб та водних мешканців

#### План

1. Основні екологічні проблеми, пов'язані з аквакультурою.
2. Типи впливу аквакультури на природні популяції риб
3. Вплив аквакультури на біорізноманіття водних екосистем
4. Поширення хвороб та паразитів
5. Вплив відходів аквакультури на навколишнє середовище
6. Вплив на природні харчові ланцюги
7. Використання кормів та знищення рибних популяцій для отримання кормових ресурсів
8. Генетичне забруднення та гібридизація
9. Методи мінімізації негативного впливу аквакультури на природні популяції

#### 1. Основні екологічні проблеми, пов'язані з аквакультурою.

Аквакультура, хоча й є важливим джерелом продовольства, має ряд суттєвих екологічних проблем. Їхнє розуміння є критичним для розробки стійких практик у цій галузі. Вирощування великої кількості водних організмів призводить до накопичення органічних відходів, що забруднюють воду та знижують рівень кисню. Використання хімікатів для боротьби з хворобами та паразитами також забруднює водне середовище. Вихід поживних речовин із кормів та екскрементів спричиняє евтрофікацію водойм. Втеча культивованих видів може призвести до конкуренції з дикими видами, поширення хвороб та гібридизації. Морська аквакультура може пошкоджувати морське дно. Використання диких риб як корму для вирощуваних видів призводить до перелову. З аквакультурою також пов'язане поширення інвазивних видів. Для зменшення негативного впливу аквакультури на довкілля необхідно розробляти та впроваджувати екологічно чисті технології, дотримуватися екологічних стандартів, проводити моніторинг стану водних екосистем та об'єднувати зусилля науковців, виробників та уряду для розробки стійких практик в аквакультурі.

#### 2. Типи впливу аквакультури на природні популяції риб

Аквакультура, хоч і є важливим джерелом продовольства, має значний вплив на природні популяції риб. Цей вплив може бути як прямим, так і непрямим, позитивним і негативним. Розглянемо детальніше основні типи такого впливу:

<b>Прямі негативні впливи:</b>	
Конкуренція за ресурси	Вирощувані в неволі види можуть конкурувати з дикими за їжу, територію та інші ресурси. Це особливо актуально, коли культивовані види виходять за межі ферм або коли їхні відходи забруднюють навколишні води.
Поширення хвороб	Культивовані риби можуть бути носіями різних хвороб, які можуть передаватися диким популяціям, спричиняючи їх масову загибель.

Гібридизація	Якщо культивовані види схрещуються з дикими, це може призвести до появи гібридів, які можуть витіснити або змінити генетичну структуру природних популяцій.
Введення інвазивних видів	Деякі види, що використовуються в аквакультурі, можуть бути інвазивними для певних екосистем, якщо вони потраплять у природне середовище. Вони можуть витіснити місцеві види, порушити харчові ланцюги та змінити екосистему в цілому.
<b>Непрямі негативні впливи:</b>	
Забруднення середовища	Відходи аквакультури, такі як залишки корму, екскременти та хімікати, можуть забруднювати водойми, спричиняючи цвітіння води, зниження рівня кисню та загибель інших організмів. Це, в свою чергу, негативно впливає на умови життя диких риб.
Зміна структури екосистем	Великі аквакультурні ферми можуть змінювати структуру морських екосистем, впливаючи на гідродинаміку, світловий режим та інші фактори середовища.
Виснаження ресурсів	Якщо для годування культивованих риб використовують диких риб, це може призвести до перелову та виснаження популяцій диких видів.
<b>Позитивні впливи</b>	
Зменшення тиску на дикі популяції	Аквакультура може зменшити тиск на дикі популяції, задовольняючи частину попиту на рибу та морепродукти.
Збереження біорізноманіття	Деякі види риб, які перебувають під загрозою зникнення в природних умовах, можуть успішно розмножуватися та вирощуватися в умовах аквакультури, що сприяє їх збереженню
Соціально-економічний розвиток	Аквакультура створює робочі місця та сприяє розвитку прибережних громад.

### 3. Вплив аквакультури на біорізноманіття водних екосистем

Аквакультура, хоча і є важливим джерелом продовольства, має значний вплив на біорізноманіття водних екосистем. Цей вплив може бути як прямим, так і непрямим, позитивним і негативним. Прямі негативні впливи включають конкуренцію за ресурси, поширення хвороб, гібридизацію та введення інвазивних видів. Непрямі негативні впливи пов'язані із забрудненням середовища, зміною структури екосистем та виснаженням ресурсів. Позитивні впливи аквакультури полягають у збереженні та відновленні популяцій деяких видів риб. Для мінімізації негативного впливу аквакультури на біорізноманіття необхідно розробляти та впроваджувати екологічно чисті технології, дотримуватися екологічних стандартів, моніторити стан водних екосистем та співпрацювати з науковцями та місцевими громадами. Загалом, аквакультура може бути як загрозою, так і інструментом для збереження біорізноманіття. Важливо розуміти ці взаємозв'язки та спрямовувати зусилля на розвиток стійкої аквакультури, яка б поєднувала економічні інтереси з охороною навколишнього середовища.

#### 4. Поширення хвороб та паразитів

Поширення хвороб та паразитів у водних екосистемах є однією з основних загроз для здоров'я риб і водних організмів як у природних умовах, так і в аквакультурі. Це явище спричиняє значні екологічні та економічні проблеми, включаючи зниження біорізноманіття, порушення природного балансу і значні втрати для рибних господарств. Основними факторами, що сприяють поширенню хвороб, є антропогенний вплив, перенаселення водойм, міграція видів і зміни у складі екосистеми. Забруднення води, інтенсивне ведення аквакультури та глобальні зміни клімату створюють сприятливі умови для розвитку патогенів і паразитів. Серед найпоширеніших захворювань у водних організмів виділяють бактеріальні інфекції, такі як аеромоноз і псевдомоноз, вірусні інфекції, наприклад, інфекційна панкреатична некроза, а також паразитарні ураження, зокрема іхтіофіріоз і дактилогіроз. Хвороби можуть передаватися через контакт із зараженими організмами, воду або їжу, а також через вторинне інфікування пошкоджених тканин. Відсутність належного контролю і профілактики призводить до швидкого поширення хвороб, що ускладнює їх лікування і завдає значної шкоди екосистемам. Для запобігання поширенню хвороб важливо проводити регулярний моніторинг здоров'я водних організмів, підтримувати належні умови утримання та застосовувати заходи біологічного і хімічного контролю. Ефективна профілактика та управління захворюваннями є ключовими для збереження стабільності водних екосистем і забезпечення стійкого розвитку аквакультури.

#### 5. Вплив відходів аквакультури на навколишнє середовище

Відходи аквакультури мають значний вплив на навколишнє середовище, особливо на водні екосистеми, що оточують господарства. Основними джерелами забруднення є залишки кормів, екскременти риб, лікарські препарати та хімічні речовини, що використовуються для лікування і дезінфекції. Потрапляючи у природні водойми, ці відходи спричиняють евтрофікацію — надмірне збагачення води поживними речовинами, що стимулює інтенсивний розвиток водоростей і, як наслідок, зменшення рівня кисню у воді. Це негативно впливає на інші водні організми, призводячи до загибелі риб і руйнування екосистем. Крім того, антибіотики та інші препарати, що застосовуються в аквакультурі, можуть накопичуватися в довкіллі, сприяючи розвитку стійких до ліків штамів бактерій і завдаючи шкоди природним мікробним спільнотам. Забруднення відходами може також впливати на стан ґрунтів і прибережних зон, спричиняючи їх деградацію. Для мінімізації негативного впливу важливо впроваджувати екологічно чисті технології, такі як системи рециркуляції води, біофільтри та інтегровані підходи, що дозволяють утилізувати відходи. Раціональне управління відходами аквакультури та дотримання принципів сталого розвитку є ключовими для збереження природних ресурсів і забезпечення екологічної стійкості галузі.

#### 6. Вплив на природні харчові ланцюги

Аквакультура може суттєво впливати на природні харчові ланцюги у водних екосистемах, змінюючи динаміку взаємодії між різними організмами. Інтенсивне вирощування риби, молюсків чи ракоподібних вимагає значних ресурсів, включаючи корми, які часто виготовляються з диких риб. Це призводить до зменшення популяцій видів, що є

основою харчових ланцюгів, і негативно впливає на баланс у природних екосистемах. Крім того, втеча аквакультурних видів у дику природу може спричинити конкуренцію з місцевими видами за їжу і місце існування, порушуючи природні трофічні рівні. Введення нових видів часто призводить до зменшення чисельності аборигенних організмів, що має каскадний ефект на всю екосистему. Накопичення органічних відходів, таких як залишки корму і продукти життєдіяльності, створює надлишок поживних речовин, стимулюючи цвітіння водоростей, що може порушувати трофічні зв'язки через зниження рівня кисню. Ці зміни впливають не лише на локальні екосистеми, але й можуть мати регіональні або глобальні наслідки, змінюючи структуру харчових мереж і стійкість природних водних біоценозів. Тому для збереження екологічної рівноваги важливо впроваджувати методи сталого ведення аквакультури, які враховують вплив на харчові ланцюги та мінімізують негативні наслідки для природного середовища.

## **7. Використання кормів та знищення рибних популяцій для отримання кормових ресурсів**

Використання кормів у аквакультурі відіграє ключову роль у забезпеченні зростання та здоров'я вирощуваних водних організмів, але водночас воно пов'язане з низкою екологічних викликів, особливо через знищення рибних популяцій для отримання кормових ресурсів. Значна частина кормів для аквакультури виготовляється з диких морських риб, таких як анчоуси, сардини та оселедець, які виловлюються у великих кількостях для виробництва рибного борошна та риб'ячого жиру. Це спричиняє виснаження природних запасів риби, що є основою харчових ланцюгів у морських екосистемах. Зменшення чисельності цих видів має каскадний ефект на екосистему, оскільки вони слугують їжею для більш великих хижаків, морських птахів і ссавців. Крім того, надмірний вилов порушує природний баланс у морських екосистемах, що може призвести до втрати біорізноманіття та руйнування екологічної стійкості. Альтернативні джерела корму, такі як рослинні інгредієнти чи комахи, поки що не можуть повністю замінити рибне борошно через потребу у високоякісних білках і жирних кислотах для вирощування багатьох видів риб. Зменшення залежності аквакультури від кормів на основі дикої риби потребує впровадження інноваційних підходів, таких як використання заміників, розвиток замкнених систем із власною кормовою базою та вдосконалення формул кормів. Лише так можна зменшити негативний вплив на природні ресурси та забезпечити стале виробництво в аквакультурі.

## **8. Генетичне забруднення та гібридизація**

Генетичне забруднення та гібридизація є серйозними викликами для водних екосистем, особливо в контексті аквакультури. Генетичне забруднення виникає, коли штучно вирощені або генетично модифіковані організми потрапляють у природне середовище та схрещуються з дикими популяціями. Це може призводити до зниження генетичної різноманітності та послаблення природних адаптивних характеристик диких видів, оскільки штучно вирощені риби часто мають інші генетичні особливості, орієнтовані на швидке зростання чи високу продуктивність у контрольованих умовах. Внаслідок гібридизації нащадки можуть бути менш пристосованими до виживання у природних умовах, що підриває стійкість місцевих



популяцій. Крім того, поширення генетично змінених особин може створювати ризик втрати унікальних генетичних ліній диких видів, які мають важливе значення для підтримання екосистемної рівноваги. Цей процес не лише змінює структуру популяцій, а й може впливати на трофічні взаємодії та цілісність біоценозів. Для мінімізації цих ризиків необхідно впроваджувати суворі регулятивні заходи щодо контролю за втечею аквакультурних видів та впроваджувати програми селекції, орієнтовані на збереження генетичного різноманіття. Тільки так можна забезпечити гармонійне співіснування аквакультури з природними екосистемами без загрози генетичної деградації.

## **9. Методи мінімізації негативного впливу аквакультури на природні популяції**

Методи мінімізації негативного впливу аквакультури на природні популяції спрямовані на зменшення екологічних ризиків та збереження біорізноманіття. Одним із важливих підходів є використання сталих методів управління, таких як інтегрована багатовидова аквакультура, де різні види водних організмів вирощуються разом, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів та знижує ризики поширення хвороб і паразитів. Застосування систем оборотного водопостачання та рециркуляційних технологій допомагає значно знизити витрати води, зменшуючи забруднення водойм і покращуючи ефективність аквакультури. Крім того, важливим є використання кормів, що містять менше рибного борошна та жирів, зокрема за рахунок рослинних або альтернативних білкових джерел, що дозволяє знизити тиск на природні рибні популяції. Для зменшення генетичного забруднення важливо використовувати програми селекції та моніторинг гібридизації між дикими і аквакультурними видами, що допомагає зберігати генетичну різноманітність. Регулювання вилову та обмеження втечі аквакультурних видів в природні води також є важливою частиною управлінських стратегій, оскільки це дозволяє зменшити ризики знищення або змішування генетичних ліній природних популяцій. Для підтримання стійкості аквакультури необхідно також постійно вдосконалювати екологічний моніторинг, що дозволяє оперативно виявляти та реагувати на потенційні загрози для навколишнього середовища.

## Лекція 12

**Тема: Вплив людини на навколишнє середовище. Глобальні (кліматичні) зміни: глобальне потепління, кислотні дощі, руйнування озонового шару виснаження озонового шару, деградація та знищення середовища існування.**

### План

1. Основними факторами антропогенного впливу є промисловість, сільське господарство та урбанізація.
2. Глобальне потепління та його наслідки.
3. Кислотні дощі: причини та вплив на екосистеми
4. Виснаження озонового шару
5. Деградація та руйнування середовища існування (біотопу)
6. Ерозія ґрунтів та забруднення води
7. Зменшення біорізноманіття внаслідок антропогенного впливу
8. Зміна клімату та її вплив на водне життя та аквакультуру

#### **1. Основними факторами антропогенного впливу є промисловість, сільське господарство та урбанізація.**

Основними факторами антропогенного впливу на навколишнє середовище є промисловість, сільське господарство та урбанізація. Кожен з цих факторів має комплексний вплив на різноманітні компоненти екосистеми, включаючи повітря, воду, ґрунт та біорізноманіття.

Промисловість є одним з найбільших забруднювачів довкілля. Виробничі процеси призводять до викидів шкідливих речовин в атмосферу, скидання стічних вод у водойми та утворення великої кількості відходів. Важкі метали, органічні сполуки, кислотні дощі та парникові гази – це лише деякі з наслідків промислової діяльності.

Сільське господарство, хоча і є необхідним для забезпечення продовольством, також має значний негативний вплив. Використання пестицидів, добрив, вирубка лісів під сільськогосподарські угіддя, ерозія ґрунтів та надмірний випас худоби – все це призводить до забруднення ґрунтів і водних ресурсів, втрати біорізноманіття та деградації земель.

Урбанізація пов'язана з розростанням міст, що призводить до збільшення споживання ресурсів, виробництва відходів та забруднення повітря. Бетонні поверхні ускладнюють природний дренаж, що може призвести до повеней. Також, урбанізація часто супроводжується втратою природних екосистем та зменшенням біорізноманіття.

Крім цих трьох основних факторів, існують й інші антропогенні впливи. Викиди транспортних засобів є одним з основних джерел забруднення повітря. Спалювання викопного палива для виробництва енергії призводить до викидів парникових газів та забруднюючих речовин. Видобуток корисних копалин пов'язаний з руйнуванням ландшафтів, забрудненням ґрунтів і водних ресурсів.

#### **2. Глобальне потепління та його наслідки.**

Глобальне потепління – це тривале підвищення середньої температури земної поверхні, яке спостерігається протягом останніх десятиліть. Це явище має антропогенне походження, тобто спричинене діяльністю людини. Основним фактором глобального потепління є збільшення концентрації парникових газів в атмосфері, таких як вуглекислий газ, метан та закис азоту, внаслідок спалювання викопного палива, вирубки лісів та інших видів людської діяльності.

Наслідки глобального потепління є різноманітними та далекосяжними. Вони проявляються в зміні кліматичних умов, підвищенні рівня моря, екстремальних погодних явищах, таких як посухи, повені, урагани, танення льодовиків. Це, в свою чергу, призводить до деградації екосистем, втрати біорізноманіття, загострення проблем з доступом до прісної води та продовольства, а також до міграції населення.

Підвищення середньої температури планети призводить до танення льодовиків і підвищення рівня моря. Це загрожує прибережним зонам, островам та низовинам затопленням. Крім того, змінюються режими опадів, що призводить до частіших і більш інтенсивних посух та повеней. Екстремальні погодні явища стають все більш частими та руйнівними, завдаючи значних збитків економіці та інфраструктурі.

Зміна клімату також впливає на сільське господарство, оскільки змінюються оптимальні умови для вирощування різних культур. Посухи, повені та шкідники можуть призводити до зниження врожаїв та зростання цін на продовольство.

Глобальне потепління також загрожує здоров'ю людини. Збільшення температури повітря сприяє поширенню інфекційних захворювань, а екстремальні погодні явища можуть призводити до травм та смертей.

Для боротьби з глобальним потеплінням необхідно вживати комплексних заходів, спрямованих на зменшення викидів парникових газів та адаптацію до зміни клімату. Це включає перехід до відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності, збереження лісів, розвиток екологічно чистого транспорту та впровадження інших екологічних технологій.

Проблема глобального потепління є однією з найбільших викликів, з якими стикається людство. Відповідальне ставлення до навколишнього середовища та спільні зусилля всіх країн є необхідними для зменшення негативних наслідків зміни клімату.

### **3. Кислотні дощі: причини та вплив на екосистеми**

Кислотні дощі – це один з найнегативніших наслідків забруднення атмосфери. Вони виникають в результаті взаємодії забруднюючих речовин, таких як оксиди сірки та азоту, з атмосферною вологою. Ці оксиди потрапляють в атмосферу в результаті спалювання викопного палива на теплових електростанціях, промислових підприємствах та транспорті. При взаємодії з водою вони утворюють кислоти, які потім випадають на землю у вигляді дощу, снігу або туману.

Кислотні дощі мають руйнівний вплив на екосистеми. Вони підвищують кислотність ґрунтів, що призводить до вимивання корисних речовин, таких як кальцій і магній, необхідних для росту рослин. В результаті ліси стають більш вразливими до хвороб і шкідників, а їхнє зростання сповільнюється. Кислотні дощі також негативно впливають на водні екосистеми, спричиняючи загибель риби та інших водних організмів.

Крім того, кислотні опади руйнують будівлі, пам'ятники та металеві конструкції. Кислоти розчиняють вапняк і мармур, з яких побудовано багато історичних споруд.

Для боротьби з кислотними дощами необхідно зменшити викиди оксидів сірки та азоту в атмосферу. Це можна досягти шляхом впровадження більш чистих технологій на промислових підприємствах, переходу на використання відновлюваних джерел енергії, вдосконалення систем очищення викидів та розвитку екологічно чистого транспорту.

#### 4. Виснаження озонового шару

Виснаження озонового шару – це глобальна екологічна проблема, яка виникла внаслідок діяльності людини. Озоновий шар, розташований у стратосфері Землі, захищає нашу планету від шкідливого ультрафіолетового випромінювання Сонця. Однак, починаючи з середини ХХ століття, вчені зафіксували поступове зменшення товщини озонового шару, особливо над полярними регіонами.

Головною причиною виснаження озонового шару є антропогенні фактори, а саме використання озоноруйнівних речовин (ОРВ). До них належать хлорфторвуглеці (фреони), які широко застосовувалися в холодильних установках, аерозольних балончиках, пінопластах та інших продуктах. Під впливом ультрафіолетового випромінювання фреони розпадаються, вивільняючи хлор, який вступає в хімічні реакції з озоном, руйнуючи його молекули.

Наслідки виснаження озонового шару є серйозними і багатогранними. Збільшення інтенсивності ультрафіолетового випромінювання, яке досягає поверхні Землі, призводить до підвищення ризику розвитку раку шкіри, катаракти та пригнічення імунної системи у людей. Крім того, ультрафіолетове випромінювання негативно впливає на рослини та морські екосистеми, спричиняючи зниження врожаїв і порушення харчових ланцюгів.

Для вирішення проблеми виснаження озонового шару міжнародне співтовариство прийняло ряд важливих документів, зокрема Монреальський протокол. Цей протокол передбачає поступову відмову від виробництва та споживання озоноруйнівних речовин. Завдяки зусиллям багатьох країн вдалося стабілізувати ситуацію і розпочати процес відновлення озонового шару. Однак повне відновлення озонового шару займе ще кілька десятиліть.

Зменшення виснаження озонового шару є одним з найбільших успіхів міжнародного співробітництва в галузі охорони навколишнього середовища. Однак, незважаючи на досягнуті результати, проблема залишається актуальною. Тому продовження зусиль зі збереження озонового шару є важливим завданням для всього людства.

## 5. Деградація та руйнування середовища існування (біотопу)

Деградація та руйнування середовища існування (біотопу) – це процес поступового погіршення природних умов, необхідних для життя організмів. Це глобальна екологічна проблема, яка загрожує біорізноманіттю, порушує екологічні баланси і, в кінцевому рахунку, становить загрозу для сталого розвитку людства.

Основні причини деградації середовища існування:

- Головною причиною є діяльність людини. Вирубка лісів, забруднення повітря, води та ґрунтів, урбанізація, сільськогосподарська діяльність, видобуток корисних копалин – все це призводить до руйнування природних екосистем.
- Зміна клімату, викликана парниковим ефектом, призводить до підвищення температури, змін у режимі опадів, екстремальних погодних явищ, що посилює процеси деградації.

### Наслідки деградації середовища існування:

- 1) Зникнення багатьох видів рослин і тварин, скорочення генетичного різноманіття.
- 2) Зміна кругообігу речовин і енергії, порушення харчових ланцюгів.
- 3) Збільшення викидів парникових газів, посилення процесів ерозії ґрунтів, зміна режиму опадів.
- 4) Забруднення повітря, води та ґрунтів, поширення захворювань, зменшення доступності природних ресурсів.
- 5) Зменшення продуктивності сільського господарства, рибальства, лісового господарства.

### Заходи щодо запобігання деградації середовища існування:

- 1) Створення заповідників, національних парків та інших природоохоронних територій.
- 2) Впровадження екологічно чистих технологій, перехід до відновлюваних джерел енергії.
- 3) Встановлення жорстких екологічних стандартів для промислових підприємств, транспорту та сільського господарства.
- 4) Проведення рекультивації земель, відновлення лісів, очищення водойм.
- 5) Поширення знань про важливість збереження навколишнього середовища серед населення.

Деградація середовища існування – це глобальна проблема, яка вимагає спільних зусиль усього людства. Кожен з нас може внести свій вклад у збереження природи, змінивши свої звички споживання, підтримуючи екологічні ініціативи та вимагаючи від урядів і бізнесу відповідального ставлення до навколишнього середовища.

## 6. Ерозія ґрунтів та забруднення води

Ерозія ґрунтів та забруднення води – це два тісно пов'язані процеси, які становлять серйозну загрозу для довкілля та людства. Обидва явища є наслідком антропогенної діяльності та природних факторів, і їхній вплив на екосистеми та економіку є значним.

Ерозія ґрунтів – це процес руйнування та зношування верхнього родючого шару ґрунту під впливом води, вітру та інших факторів. Це призводить до втрати родючості, погіршення структури ґрунту, зниження його здатності утримувати воду та поживні речовини. Основними причинами ерозії є неправильна обробка земель, вирубка лісів, випас худоби, будівництво та зміна клімату.

Забруднення води – це потрапляння в водні об'єкти шкідливих речовин, які погіршують їхню якість та роблять непридатними для використання. Джерелами забруднення є промислові підприємства, сільське господарство, комунальні господарства та транспорт.

Зв'язок між ерозією ґрунтів та забрудненням води полягає в тому, що частинки ґрунту, що змиваються водою під час ерозії, несуть на собі адсорбовані забруднювачі, які потім потрапляють у водойми. Крім того, ерозія призводить до замулення водойм, погіршення умов для життя водних організмів та зниження самоочищувальної здатності водойм.

### ***Наслідки ерозії ґрунтів та забруднення води:***

- зменшення врожайності сільськогосподарських культур.
- загибель рослин і тварин, порушення харчових ланцюгів.
- забруднення підземних вод.
- зменшення сільськогосподарського виробництва, витрати на очищення води.
- ерозія ґрунтів сприяє виділенню вуглекислого газу, що посилює парниковий ефект.

## **7. Зменшення біорізноманіття внаслідок антропогенного впливу**

Зменшення біорізноманіття – це одна з найгостріших екологічних проблем сучасності, безпосередньо пов'язана з діяльністю людини. Антропогенний вплив на природу призводить до руйнування природних екосистем, зникнення видів рослин і тварин, та загального збіднення біосфери.

Основними причинами зменшення біорізноманіття є:

- 1) Вирубка лісів
- 2) Забруднення довкілля
- 3) Зміна клімату
- 4) Інвазивні види
- 5) Надмірна експлуатація природних ресурсів

Ліси є домом для великої кількості видів рослин і тварин. Їхня вирубка призводить до руйнування середовищ існування, фрагментації лісових масивів та зменшення кількості видів. Забруднення повітря, води та ґрунтів шкідливими речовинами негативно впливає на здоров'я організмів та знижує їхню здатність до розмноження. Глобальне потепління призводить до зміни кліматичних умов, що викликає зміщення ареалів поширення видів, втрату середовищ існування та загибель популяцій. Завезення чужорідних видів може призвести до витіснення місцевих видів, порушення екологічних балансів та деградації екосистем. Нераціональне використання природних ресурсів, таких як ліс, вода, ґрунт, призводить до їхнього виснаження та зниження біорізноманіття.



## 8. Зміна клімату та її вплив на водне життя та аквакультуру

Зміна клімату є одним з найгостріших викликів сучасності, що має далекосяжні наслідки для всієї планети. Особливо відчутним є її вплив на водні екосистеми та галузі, пов'язані з використанням водних ресурсів, зокрема аквакультуру.

Глобальне потепління призводить до підвищення температури води, зміни її солоності, рівня кисню, а також до більш частих і інтенсивних екстремальних погодних явищ, таких як шторми, урагани та посухи. Ці зміни створюють значні труднощі для водних організмів, впливаючи на їхній розподіл, міграцію, розмноження та виживання.

### *Вплив зміни клімату на водне життя:*

- 1) Зміна ареалів поширення
- 2) Зменшення популяцій
- 3) Зміна сезонів розмноження
- 4) Підвищення кислотності води
- 5) Поширення інвазивних видів

Багато видів морських тварин мігрують у більш холодні води, що призводить до порушення харчових ланцюгів і зміни біорізноманіття. Підвищення температури води може призвести до масової загибелі морських організмів, особливо коралів, які є основою коралових рифів. Зміни температури води можуть впливати на час нересту риб та інших морських тварин, що може призвести до зменшення їхньої чисельності. Поглинання океаном великої кількості вуглекислого газу призводить до підвищення кислотності води, що негативно впливає на організми з вапняковими скелетами, такі як корали та молюски. Зміна кліматичних умов сприяє поширенню інвазивних видів, які конкурують з місцевими видами за ресурси і можуть призвести до їхнього вимирання.

### *Вплив зміни клімату на аквакультуру:*

- 1) Збільшення захворюваності та смертності
- 2) Зниження якості продукції
- 3) Збільшення витрат на виробництво

Підвищення температури води створює сприятливі умови для розвитку патогенних мікроорганізмів, що призводить до спалахів хвороб серед культивованих видів. Зміни умов утримання можуть призвести до погіршення якості продукції аквакультури, зниження її харчової цінності та ринкової вартості. Аквакультурним господарствам доводиться витрачати більше ресурсів на боротьбу з наслідками зміни клімату, такими як підвищення температури води, зміна солоності та кисневого режиму.

## Лекція 13

### Тема: Роль екосистемних послуг у розвитку аквакультури

#### План

1. Визначення екосистемних послуг та їх роль у підтримці життя на Землі.
2. Класифікація екосистемних послуг: регулюючі, забезпечуючі, культурні та підтримуючі.
3. Забезпечувальні екосистемні послуги та їх значення для аквакультури
4. Регулюючі екосистемні послуги у підтримці сталості аквакультури
5. Підтримка екосистемних послуг як основа для розвитку аквакультури
6. Культурні екосистемні послуги: туризм, рекреація та освіта

#### 1. Визначення екосистемних послуг та їх роль у підтримці життя на Землі.

Екосистемні послуги – це безцінні дарунки природи, які ми отримуємо від здорових екосистем. Це все те, що жива природа робить для нас безкоштовно, забезпечуючи умови для існування людства.

Уявіть собі планету як величезний, складний механізм, де кожна деталь – від мікроба до кита – відіграє свою роль. Екосистемні послуги – це функції цього механізму, які підтримують життя на Землі. Вони охоплюють широкий спектр процесів, починаючи від очищення повітря і води, утворення родючих ґрунтів, запилення рослин, регулювання клімату і закінчуючи забезпеченням нас їжею, ліками та матеріалами.

#### *Які ж саме послуги нам надають екосистеми?*

Послуги забезпечення - це все, що ми можемо безпосередньо використовувати: їжа (рослини, тварини, гриби), питна вода, деревина, волокна, паливо.

Регулюючі послуги - це процеси, які стабілізують умови на планеті: регулювання клімату, очищення повітря і води, контроль ерозії ґрунтів, запилення рослин, захист від шкідників і хвороб.

Послуги підтримки - це процеси, які створюють умови для існування інших послуг: утворення ґрунту, кругообіг речовин, фотосинтез.

Культурні послуг - це духовні і естетичні цінності, які ми отримуємо від природи: рекреація, туризм, натхнення для мистецтва і науки.

Екосистеми забезпечують нас усім необхідним для виживання: їжею, повітрям, водою. Ліси, океани, болота – це природні регулятори клімату. Вони поглинають вуглекислий газ, виробляють кисень і пом'якшують наслідки екстремальних погодних явищ. Ліси дають нам деревину, папір, лікарські рослини. Океани – рибу, водорості. Ґрунти – родючість для вирощування сільськогосподарських культур. Природа надихає нас, дає нам можливість відпочивати і насолоджуватися красою.

#### 2. Класифікація екосистемних послуг: регулюючі, забезпечуючі, культурні та підтримуючі.

Екосистемні послуги – це безцінні дарунки природи, які ми отримуємо від здорових екосистем. Їх можна класифікувати за функціями, які вони виконують. Ось основні категорії:

Регулюючі послуги - це ті процеси, які стабілізують умови на планеті. Екосистеми регулюють клімат, очищають повітря і воду, контролюють ерозію ґрунтів, запилюють рослини, захищають нас від шкідників і хвороб. Наприклад, ліси поглинають вуглекислий газ, що допомагає уповільнювати зміну клімату. Водночас, вони також є природними фільтрами, очищаючи повітря від пилу та шкідливих речовин.

Забезпечуючі послуги - це все, що ми можемо безпосередньо використовувати для задоволення наших потреб. До них належать продукти харчування (рослини, тварини, гриби), питна вода, деревина, волокна, паливо. Наприклад, ліси забезпечують нас деревиною для будівництва та паливом, а річки – прісною водою для пиття та зрошення.

Культурні послуги - це духовні і естетичні цінності, які ми отримуємо від природи. До них належать рекреація, туризм, натхнення для мистецтва і науки. Наприклад, ліси, парки, озера – це місця відпочинку, де ми можемо насолоджуватися природою і відновити сили.

Підтримуючі послуги - це фундаментальні процеси, які підтримують існування всіх інших послуг. До них належать утворення ґрунту, кругообіг речовин, фотосинтез. Наприклад, ґрунт є основою для росту рослин, а фотосинтез забезпечує нас киснем і є основою для утворення органічних речовин.

Ці чотири категорії не є абсолютно відокремленими, а часто перетинаються. Наприклад, ліс одночасно забезпечує нас деревиною (забезпечуюча послуга), очищує повітря (регулююча послуга) і є місцем відпочинку (культурна послуга).

### **3. Забезпечувальні екосистемні послуги та їх значення для аквакультури**

Забезпечувальні екосистемні послуги – це безпосередні "дари природи", які ми отримуємо від навколишнього середовища. Це все те, що ми можемо вилучити з природи для задоволення наших потреб. В контексті аквакультури, цей термін набуває особливого значення, оскільки саме від здоров'я водних екосистем залежить успіх цього виду господарювання.

Біологічні ресурси - це перш за все різноманіття водних організмів, які можуть використовуватися як об'єкти вирощування. Це можуть бути риби, молюски, ракоподібні, водорості тощо. Від їхньої біологічної різноманітності та генетичної різноманітності залежить стійкість аквакультурних систем до хвороб і зміни умов середовища.

Вода є основним ресурсом для аквакультури. Її якість, температура, солоність, вміст розчиненого кисню визначають умови життя водних організмів. Здорові водні екосистеми забезпечують стабільне постачання якісної води для вирощування аквакультурних організмів.

Хоча аквакультура, на перший погляд, пов'язана з водним середовищем, ґрунт також відіграє важливу роль, особливо в системі марікультури. Прибережні зони, де розташовані

ферми з вирощування молюсків, забезпечують їх поживними речовинами, які надходять з ґрунту.

Генетичні ресурси - це генетичний матеріал диких видів, який може бути використаний для селекції нових, більш продуктивних і стійких сортів аквакультурних організмів.

#### **4. Регулюючі екосистемні послуги у підтримці сталості аквакультури**

Регулюючі екосистемні послуги – це ті процеси, які відбуваються в природних екосистемах і сприяють підтриманню стабільних умов середовища. Для аквакультури, як галузі, що тісно пов'язана з природними водними екосистемами, ці послуги мають виняткове значення.

Природні водні екосистеми мають здатність самоочищуватися від забруднень. Мікроорганізми, водорості та інші організми розкладають органічні речовини, перетворюючи їх на нешкідливі сполуки. Для аквакультури це означає, що здорові водні екосистеми допомагають уникнути накопичення шкідливих речовин у водоймах, що може негативно вплинути на здоров'я культивованих організмів.

Водні екосистеми відіграють важливу роль у регулюванні мікроклімату. Вони впливають на температуру повітря, вологість, швидкість вітру. Для аквакультури це означає, що здорові водні екосистеми допомагають створити більш стабільні умови для вирощування аквакультурних організмів.

Прибережні екосистеми, такі як мангрові ліси, коралові рифи, прибережні луки, виконують роль природних бар'єрів, захищаючи берегову лінію від ерозії та зменшуючи силу штормів. Для аквакультури це означає, що здорові прибережні екосистеми можуть захистити аквакультурні господарства від руйнування під час штормів і зменшити ризик забруднення водойм.

Хоча аквакультура, на перший погляд, здається далекою від процесу запилення, деякі види аквакультури, наприклад, вирощування морських водоростей, можуть залежати від запилення морських організмів.

Процеси, що відбуваються у водних екосистемах, сприяють утворенню та збереженню ґрунту, особливо в прибережних зонах. Це важливо для аквакультури, оскільки ґрунт забезпечує життєво необхідні поживні речовини для багатьох водних організмів.

#### **5. Підтримка екосистемних послуг як основа для розвитку аквакультури**

Аквакультура, як і будь-яка інша галузь господарювання, тісно пов'язана з природним середовищем. Її розвиток безпосередньо залежить від здоров'я водних екосистем. Екосистемні послуги, які надають ці екосистеми, є фундаментом для сталого розвитку аквакультури.

Екосистеми надають широкий спектр послуг, які безпосередньо впливають на аквакультуру. Це і очищення води від забруднень, і регулювання клімату, і захист від штормів та ерозії. Кожна з цих послуг відіграє свою важливу роль у забезпеченні сприятливих умов для вирощування водних організмів.

Здорові екосистеми допомагають аквакультурі протистояти різним стресовим факторам, таким як зміна клімату, забруднення, хвороби. Екосистеми забезпечують аквакультуру природними ресурсами, такими як вода, поживні речовини, місця для розмноження. Здорові екосистеми підтримують високе біорізноманіття, що є основою для розвитку генетично стійких штамів аквакультурних організмів. Здорові екосистеми можуть знизити витрати на виробництво, оскільки природні процеси беруть на себе частину роботи, яку в іншому випадку довелося б виконувати штучно.

## **6. Культурні екосистемні послуги: туризм, рекреація та освіта**

Культурні екосистемні послуги – це ті блага, які ми отримуємо від природи, пов’язані з нашими культурними, духовними та естетичними потребами. Вони включають у себе все, що надихає нас, розважає, навчає і збагачує наше життя. Особливо важливими в цьому контексті є такі послуги як туризм, рекреація та освіта.

Туризм – це, мабуть, найяскравіший приклад культурних екосистемних послуг. Мільйони людей щороку подорожують світом, щоб побачити природні краєвиди, відвідати національні парки, зануритися у дику природу. Туризм не тільки приносить економічні вигоди, але й сприяє збереженню природних ресурсів, оскільки люди, які бачать красу природи, як правило, більш мотивовані її захищати.

Рекреація – це активний відпочинок на природі. Це можуть бути прогулянки лісом, риболовля, пікніки, катання на велосипеді. Рекреація допомагає людям зняти стрес, поліпшити фізичне та психічне здоров’я, а також зміцнити соціальні зв’язки.

Освіта – це ще одна важлива культурна екосистемна послуга. Природа – це живий підручник, де ми можемо вивчати біологію, екологію, географію та інші науки. Навчання на природі допомагає розвивати у дітей любов до природи, почуття відповідальності за неї, а також формує екологічне світогляду.

## Лекція 14

### Тема: Раціональне використання кормів та ресурсів в аквакультурі

#### План

1. Основні проблеми у виробництві та постачанні кормів для аквакультури.
2. Види кормів в аквакультурі та їх характеристики
3. Вплив кормів на ефективність аквакультури
4. Стратегії раціональної годівлі
5. Раціональне використання водних ресурсів
6. Проблеми надмірного використання кормів та ресурсів
7. Альтернативні джерела кормів для аквакультури
8. Технології моніторингу та контролю використання кормів

#### 1. Основні проблеми у виробництві та постачанні кормів для аквакультури.

Виробництво та постачання кормів для аквакультури стикаються з низкою серйозних проблем, які впливають на економічну ефективність, екологічну безпеку та сталий розвиток цієї галузі.

Багато інгредієнтів, що використовуються у виробництві кормів для риб, мають високу вартість. Це пов'язано з обмеженими ресурсами, зростаючим попитом на них з боку інших галузей, а також з підвищенням цін на енергоносії, що впливає на логістику та виробничі процеси. Багато країн з розвинутою аквакультурою залежать від імпорту сировини для виробництва кормів. Це робить їх вразливими до коливань світових цін та політичних факторів. Виробництво кормів для аквакультури може мати негативний вплив на довкілля. Це пов'язано з використанням великої кількості води, енергії, а також з викидами забруднюючих речовин у повітря та водойми. Деякі види сировини, що використовуються у виробництві кормів, є обмеженими. Це може призвести до дефіциту та підвищення цін. Постійно з'являються нові види аквакультурних організмів, для яких необхідно розробляти нові, спеціалізовані корми. Це вимагає значних інвестицій у наукові дослідження та розробки.

#### *Проблеми постачання кормів:*

Доставка кормів, особливо в віддалені регіони, може бути складною та дорогою. Це пов'язано з великими обсягами, необхідністю спеціального транспорту та зберігання. Попит на корми для аквакультури може сильно коливатися протягом року. Це ускладнює планування виробництва та постачання. Існує проблема підробки кормів, а також порушення умов зберігання та транспортування, що може призвести до зниження їхньої якості. У деяких країнах відсутні чіткі стандарти якості кормів для аквакультури, що ускладнює контроль за їх виробництвом та обігом.



## 2. Види кормів в аквакультурі та їх характеристики

Корми відіграють вирішальну роль у успішному вирощуванні водних організмів. Від їхнього складу, якості та кількості залежить швидкість росту, виживаність та здоров'я риб, молюсків та інших об'єктів аквакультури.

### *Основні види кормів для аквакультури:*

Природні корми - це корми, які виробляються в природному середовищі і збираються або вирощуються для подальшого використання в аквакультурі. До них відносяться:

Фітопланктон – це мікроскопічні водорості, які є основним джерелом їжі для багатьох видів риб на ранніх стадіях розвитку.

Зоопланктон – це дрібні водні тварини, такі як дафнії, циклопи, які слугують кормом для більших риб.

Бентос – це організми, що живуть на дні водойм, наприклад, молюски, черви, личинки комах.

Макрофіти – це водні рослини, які можуть служити як безпосереднім кормом для деяких видів риб, так і місцем проживання для інших організмів.

Штучні корми - це корми, які виробляються на спеціальних заводах з використанням різних компонентів. Вони можуть бути як повними, так і додатковими. До штучних кормів відносяться:

Гранульовані корми - це найбільш поширений вид кормів, який представляє собою гранули різного розміру і складу. Вони містять всі необхідні поживні речовини для зростання і розвитку водних організмів.

Екструдовані корми – це корми, отримані в результаті екструзії – термомеханічного оброблення сировини під високим тиском і температурою. Вони мають високу щільність, хорошу плавучість і легко засвоюються рибами.

Живі корми - це дрібні водні організми, які вирощуються спеціально для годування молоді риб. До них відносяться дафнії, артемії, мотиль.

### *Характеристика кормів:*

При виборі кормів для аквакультури необхідно враховувати такі характеристики:

Корми повинні містити всі необхідні поживні речовини: білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінерали. Склад корму залежить від виду вирощуваної риби, її віку та фізіологічного стану. Розмір гранул повинен відповідати розміру ротової порожнини риби. Для більшості видів риб бажано, щоб корм плавав на поверхні води. Корм повинен мати привабливий для риби запах і смак. Важливо, щоб поживні речовини корму легко засвоювалися організмом риби. Корми повинні бути безпечними для здоров'я риб і не містити шкідливих домішок.

### *Фактори, що впливають на вибір кормів:*

Різні види риб мають різні харчові потреби. Молодь, дорослі особини і статевозрілі особини потребують різних кормів. Температура води, щільність посадки, наявність природної кормової бази впливають на вибір кормів. Вартість кормів є важливим фактором при виборі.

### **3. Вплив кормів на ефективність аквакультури**

Корми є одним із найважливіших факторів, які визначають успіх аквакультури. Їхній склад, якість та кількість безпосередньо впливають на ріст, виживаність, здоров'я та продуктивність вирощуваних водних організмів. Правильно підібраний корм забезпечує оптимальне співвідношення поживних речовин, необхідних для швидкого росту риб, молюсків та інших об'єктів аквакультури. Це дозволяє скоротити цикл вирощування та збільшити обсяги продукції. Повноцінне харчування зміцнює імунну систему водних організмів, підвищуючи їх стійкість до хвороб та несприятливих умов середовища. Це, в свою чергу, зменшує втрати під час вирощування. Склад корму безпосередньо впливає на якість кінцевої продукції. Повноцінне харчування забезпечує високий вміст білка, жиру та інших корисних речовин у м'ясі риби. Ефективне використання кормів дозволяє знизити витрати на виробництво, що підвищує економічну ефективність аквакультури. Використання якісних кормів з високою засвоюваністю зменшує кількість недоїдених кормів, які потрапляють у воду і забруднюють її.

### **4. Стратегії раціональної годівлі**

Раціональна годівля – це науково обґрунтований підхід до забезпечення тварин кормами, який дозволяє досягти максимальної продуктивності при мінімальних витратах. Стратегії раціональної годівлі враховують фізіологічні особливості тварин, їхній вік, продуктивність, а також якість кормів та доступні ресурси.

#### ***Основні принципи раціональної годівлі:***

Раціон повинен містити всі необхідні поживні речовини в оптимальному співвідношенні: білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінерали. Кількість і співвідношення поживних речовин у раціоні повинні відповідати потребам тварини. Тварин потрібно годувати регулярно, невеликими порціями. Це сприяє кращому засвоєнню кормів і підтримує стабільну роботу травної системи. Кожна тварина має індивідуальні потреби, тому раціон для кожної групи тварин повинен розроблятися окремо. Важливо використовувати тільки свіжі, якісні корми, без домішок шкідливих речовин. Раціональна годівля дозволяє знизити витрати на корм і підвищити рентабельність виробництва.

#### ***Стратегії раціональної годівлі:***

Групове годування: тварин поділяють на групи за віком, продуктивністю та фізіологічним станом. Для кожної групи розробляється свій раціон.

Індивідуальне годування: кожній тварині надається індивідуальний раціон, що дозволяє врахувати її індивідуальні потреби.

Автоматичне годування: використання автоматичних систем годування дозволяє забезпечити точний контроль над кількістю і складом кормів, що видаються.

Системи точного годування: застосування спеціальних програм і датчиків дозволяє точно розрахувати потреби кожної тварини в поживних речовинах і скласти індивідуальний раціон.

Використання добавок: додавання до кормів спеціальних добавок (преміксів, пробіотиків, ферментів) дозволяє покращити їхню засвоюваність, підвищити продуктивність тварин і зміцнити їхнє здоров'я.

## **5. Раціональне використання водних ресурсів**

Вода – це одне з найцінніших природних багатств нашої планети. Вона необхідна для життя всіх живих організмів, використовується в промисловості, сільському господарстві та комунальному секторі. Однак, водні ресурси не є невичерпними, тому їх раціональне використання є надзвичайно важливим завданням сучасності.

Збільшення кількості населення планети призводить до зростання попиту на воду. Зміна кліматичних умов призводить до змін у розподілі водних ресурсів, що може призвести до дефіциту води в деяких регіонах. Промислові та побутові стоки, сільськогосподарські добрива та пестициди забруднюють водні об'єкти, роблячи воду непридатною для використання. Безконтрольне використання підземних вод може призвести до їх виснаження.

## **6. Проблеми надмірного використання кормів та ресурсів**

Надмірне використання кормів та ресурсів у тваринництві є однією з найгостріших проблем сучасності. Воно не лише впливає на економічну ефективність виробництва, але й має значні екологічні та соціальні наслідки.

### *Основні проблеми:*

Виробництво кормів потребує великих площ землі, води та енергії. Інтенсивне використання пасовищ, орних земель та водних ресурсів призводить до їх деградації, ерозії ґрунтів, забруднення водойм та зменшення біорізноманіття. Тваринництво є одним з основних джерел викидів метану, який є потужним парниковим газом. Це сприяє зміні клімату та глобальному потеплінню. Відходи тваринництва, такі як гній та стічні води, можуть забруднювати ґрунти, поверхневі та підземні води, що призводить до екологічних проблем та погіршення якості питної води. Нераціональне використання кормів та ресурсів призводить до підвищення собівартості продукції, зниження конкурентоспроможності та економічних втрат. Незбалансоване харчування може призвести до розвитку захворювань у тварин, що потребує додаткових витрат на лікування та знижує продуктивність. Надмірне виробництво м'яса та молочних продуктів призводить до нераціонального використання зернових культур, які могли б використовуватися для виробництва продуктів харчування для людей.

## 7. Альтернативні джерела кормів для аквакультури

Зростаючий попит на продукти аквакультури та екологічні проблеми, пов'язані з традиційними методами виробництва кормів, стимулюють пошук альтернативних джерел. Традиційні корми для риб, такі як рибне борошно та рибна олія, мають високу вартість і обмежені ресурси. Крім того, їхнє виробництво може негативно впливати на морські екосистеми. Багато альтернативних кормів мають менший вуглецевий слід і потребують менше води та землі для виробництва.

Які є альтернативи?

- Рослинні білки: бобові, олійні культури, зернові – це відмінні джерела рослинного білка, який може замінити частину рибного борошна в раціонах риб.
- Комахи: личинки чорної мухи солдатка, цвіркуни та інші комахи багаті на білок і жири, а їхнє виробництво є більш екологічним, ніж виробництво традиційних кормів.
- Мікробний білок: одноклітинні водорості, дріжджі та бактерії можуть бути вирощені на відходах сільського господарства та переробної промисловості для отримання білка високої якості.
- Побічні продукти харчової промисловості: шкурки, кістки, кров та інші відходи харчової промисловості можуть бути перероблені на кормові добавки.
- Морські водорості: морські водорості багаті на вітаміни, мінерали та інші біологічно активні речовини, і можуть бути використані як добавки до кормів.

Багато альтернативних кормів мають високий вміст білка, амінокислот, вітамінів і мінералів. Виробництво альтернативних кормів зазвичай менш шкідливе для довкілля. Багато альтернативних кормів можуть бути вирощені локально, що зменшує транспортні витрати і залежність від імпорту.

## 8. Технології моніторингу та контролю використання кормів

Сучасне тваринництво неможливе без ефективних систем моніторингу та контролю використання кормів. Ці системи дозволяють оптимізувати раціони, знизити витрати на корм, підвищити продуктивність тварин та забезпечити якість продукції.

### *Основні технології моніторингу та контролю:*

Системи автоматичного годування: ці системи дозволяють точно дозувати корм для кожної тварини або групи тварин, враховуючи їхні індивідуальні потреби. Це дозволяє уникнути перегодовування або недогодовування, що може негативно вплинути на здоров'я тварин та економічні показники виробництва.

Датчики та сенсори: датчики дозволяють збирати інформацію про споживання корму, активність тварин, температуру тіла та інші параметри. Ці дані використовуються для моніторингу здоров'я тварин, виявлення проблем зі здоров'ям на ранніх стадіях та оптимізації раціонів.

Програмне забезпечення: спеціальне програмне забезпечення дозволяє аналізувати дані, отримані від датчиків та інших джерел, і створювати оптимальні раціони для тварин.

Системи відеоспостереження: відеокамери дозволяють спостерігати за поведінкою тварин, виявляти проблеми зі здоров'ям та контролювати процес годування.

Ідентифікація тварин: використання електронних міток або інших методів ідентифікації дозволяє відстежувати кожну тварину індивідуально і створювати для неї персоналізований раціон.

Оптимізація раціонів дозволяє збільшити надої молока, приріст маси тіла та покращити якість продукції. Зменшення втрат корму, більш ефективне використання ресурсів. Своєчасне виявлення та лікування захворювань, зниження стресу. Можливість відстежувати всі етапи виробництва продукції та забезпечувати її якість. Оптимізація використання кормів дозволяє знизити викиди парникових газів та зменшити забруднення довкілля.

## Лекція 15

**Тема: Кругообіг речовин у природі. Біогеохімічні цикли азоту, фосфору, сірки, вуглецю, кисню та водню. Вплив людини на навколишнє середовище. навколишнє середовище. Глобальні (кліматичні) зміни: глобальне потепління, кислотні дощі, виснаження озонового шару, деградація та знищення деградація та руйнування середовища існування.**

### План

1. Дати визначення кругообігу речовин та його ролі у підтримці екосистем
2. Кругообіг азоту, фосфору, сірки, вуглецю, кисню, водню
3. Глобальна зміна клімату
4. Наслідки для аквакультури, такі як зниження рівня рН та порушення біорізноманіття.
5. Виснаження озонового шару
6. Деградація та знищення середовищ існування (біотопів)

#### 1. Дати визначення кругообігу речовин та його ролі у підтримці екосистем

Кругообіг речовин – це безперервний процес переміщення хімічних елементів між живою та неживою природою. Уявіть собі Землю як величезний завод, де речовини постійно перетворюються та переміщуються з однієї форми в іншу. Цей циклічний процес є основою життя на нашій планеті і забезпечує безперервне функціонування екосистем.

Рослини поглинають з ґрунту воду та мінеральні речовини, які потім використовуються для побудови органічних сполук. Коли рослини гинуть або їх поїдають тварини, ці речовини повертаються в ґрунт завдяки діяльності мікроорганізмів.

Кругообіг води, вуглецю та інших елементів впливає на клімат планети. Наприклад, рослини поглинають вуглекислий газ з атмосфери, що допомагає регулювати температуру. Кожен організм в екосистемі грає свою роль у кругообігу речовин. Різноманітність видів забезпечує стабільність екосистем і їх здатність адаптуватися до змін. Природні екосистеми мають здатність до самоочищення завдяки кругообігу речовин. Мікроорганізми розкладають органічні відходи, перетворюючи їх на неорганічні речовини, які знову можуть бути використані рослинами.

Приклади кругообігу речовин:

- 1) Кругообіг води: вода випаровується з поверхні океанів, конденсується в атмосфері і випадає у вигляді опадів на сушу, потім стікає в річки та повертається в океан.
- 2) Кругообіг вуглецю: вуглець переміщується між атмосферою, океаном, ґрунтом і живими організмами через процеси фотосинтезу, дихання, розкладання та горіння.
- 3) Кругообіг азоту: азот перетворюється з однієї форми в іншу завдяки діяльності бактерій, які фіксують атмосферний азот, перетворюють його в сполуки, доступні для рослин, і знову повертають у атмосферу.

Людська діяльність, така як вирубка лісів, забруднення води та ґрунту, може порушити природний кругообіг речовин. Це призводить до деградації екосистем, зміни клімату та інших негативних наслідків.



## 2. **Кругообіг азоту, фосфору, сірки, вуглецю, кисню, водню**

Азот – невід’ємна складова білків, нуклеїнових кислот та інших органічних сполук. Він циркулює між атмосферою, ґрунтом та живими організмами. Атмосферний азот фіксується бактеріями, перетворюючись на форми, доступні рослинам. Рослини засвоюють азот і включають його до свого складу. Далі азот передається по харчовому ланцюгу до тварин. Після відмирання організмів азот знову повертається в ґрунт, де розкладається бактеріями.

Фосфор – важливий компонент нуклеїнових кислот, АТФ та клітинних мембран. Основне джерело фосфору – гірські породи. Вивільняючись внаслідок вивітрювання, фосфор потрапляє в ґрунт і воду. Рослини поглинають фосфор з ґрунту, а тварини – з рослин. Після відмирання організмів фосфор повертається в ґрунт або осідає на дні водойм.

Сірка входить до складу білків та вітамінів. Вона циркулює між атмосферою, гідросферою, літосферою та біотою. Сірка вивільняється з гірських порід, потрапляє в ґрунт і воду, де засвоюється рослинами. Тварини отримують сірку з рослинною їжею. Після відмирання організмів сірка розкладається і знову повертається в довкілля.

Вуглець – основа всіх органічних сполук. Він циркулює між атмосферою, гідросферою, літосферою та живими організмами. Рослини поглинають вуглекислий газ з атмосфери під час фотосинтезу і включають вуглець до складу органічних речовин. Тварини отримують вуглець з рослинною та тваринною їжею. При диханні та розкладанні органічних речовин вуглець повертається в атмосферу у вигляді вуглекислого газу.

Кисень – один з найважливіших елементів для життя на Землі. Він виділяється в атмосферу в процесі фотосинтезу і використовується живими організмами для дихання. Кисень також входить до складу води та багатьох мінералів.

Водень – найпоширеніший елемент у Всесвіті і входить до складу води та всіх органічних сполук. Він циркулює між гідросферою, атмосферою і живими організмами. Водяна пара випаровується з поверхні водойм, конденсується в атмосфері і випадає у вигляді опадів.

Людська діяльність значно впливає на кругообіг речовин. Викиди промислових підприємств, спалювання викопного палива, вирубка лісів, використання добрив та пестицидів призводять до порушення природних циклів, забруднення довкілля та зміни клімату.

Розуміння кругообігу речовин є необхідним для збереження довкілля та сталого розвитку. Знання цих процесів дозволяє нам оцінювати наслідки нашої діяльності для природи і розробляти ефективні стратегії захисту навколишнього середовища.

## 3. **Глобальна зміна клімату**

Глобальна зміна клімату – це одне з найактуальніших та найсерйозніших викликів, з якими стикається людство. Це комплексний процес, що охоплює зміни температурного режиму, опадів, рівня моря, а також екстремальних погодних явищ.

Головною причиною сучасної зміни клімату є діяльність людини. Масове спалювання викопного палива (вугілля, нафта, газ) призводить до значного збільшення концентрації парникових газів, зокрема вуглекислого газу, в атмосфері. Ці гази мають здатність утримувати тепло, що призводить до підвищення середньої температури планети. Інші антропогенні фактори, такі як вирубка лісів, промислове виробництво та сільське господарство, також сприяють зміні клімату.

Україна також відчуває на собі наслідки глобальної зміни клімату. Це проявляється у збільшенні кількості екстремальних погодних явищ, таких як посухи, повені, зливи, а також у зміні температурного режиму. Це призводить до зменшення врожаїв, погіршення якості води, втрати біорізноманіття та інших негативних наслідків.

Глобальна зміна клімату – це серйозна проблема, яка вимагає негайних дій. Кожен з нас може внести свій вклад у боротьбу зі зміною клімату, змінивши свої звички і вимагаючи від урядів та бізнесу рішучих дій для захисту нашої планети.

#### **4. Наслідки для аквакультури, такі як зниження рівня рН та порушення біорізноманіття.**

Глобальна зміна клімату, що спричинена антропогенною діяльністю, має далекосяжні наслідки для всіх екосистем планети, включаючи водні. Одним із найважливіших секторів, який зазнає значного впливу, є аквакультура – вирощування водних організмів. Збільшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері призводить до його поглинання океанами, що, в свою чергу, спричиняє процес закислення.

Закислення океанів – це зниження рН океанічної води внаслідок поглинання вуглекислого газу. Це явище має ряд негативних наслідків для морських організмів, зокрема:

- Ускладнення утворення вапнякових скелетів
- Порушення харчових ланцюгів
- Зменшення розчинності кисню

Багато морських організмів, таких як молюски, корали та деякі види планктону, утворюють вапнякові скелети та раковини. Зниження рН ускладнює цей процес, що може призвести до деградації коралових рифів та зниження біорізноманіття. Зміна фізіологічних процесів у морських організмів через закислення може призвести до порушення харчових ланцюгів і зменшення біомаси. Закислення може зменшити розчинність кисню у воді, що негативно впливає на дихання морських організмів.

Зміна клімату також призводить до порушення біорізноманіття в аквакультурі. Підвищення температури води, зміна солоності та рівня кисню можуть створити стресові умови для вирощуваних видів, що призводить до їхньої загибелі або зниження продуктивності. Крім того, зміна клімату сприяє поширенню інвазивних видів, які можуть конкурувати з місцевими видами та порушувати екосистеми.

Закислення океанів та інші наслідки зміни клімату можуть призвести до зниження продуктивності аквакультурних господарств. Аквакультурні підприємства можуть зіткнутися зі збільшенням витрат на підтримання оптимальних умов для вирощування організмів, таких

як додаткове аерація води або використання спеціальних кормів. Зміна клімату підвищує ризик виникнення різних хвороб у вирощуваних організмів, що може призвести до значних економічних втрат. Деякі види можуть стати більш чутливими до змін умов і змінити свої ареали поширення, що ускладнює їх вирощування в традиційних регіонах.

Зменшення викидів парникових газів допоможе уповільнити процес зміни клімату і закислення океанів. Створення систем аквакультури, які будуть більш стійкими до змін клімату, таких як системи замкнутого водообігу або використання стійких видів. Систематичний моніторинг стану морського середовища та проведення наукових досліджень дозволять краще розуміти наслідки зміни клімату та розробляти ефективні стратегії адаптації. Співпраця країн у сфері боротьби зі зміною клімату та розвитку стійкої аквакультури є необхідною для досягнення глобальних цілей.

## 5. Виснаження озонowego шару

Озоновий шар – це тонкий шар в стратосфері Землі, який складається з молекул озону (O<sub>3</sub>). Цей шар відіграє життєво важливу роль у захисті нашої планети від шкідливого ультрафіолетового випромінювання Сонця. Однак, протягом останніх десятиліть людська діяльність призвела до значного виснаження озонowego шару.

Головною причиною руйнування озонowego шару є викиди в атмосферу хлорфторвуглеців (ХФВ) та галогенів. Ці речовини широко використовувалися в холодильних установках, аерозольних балончиках, пінопластах та інших продуктах. Під дією ультрафіолетового випромінювання ХФВ розкладаються, вивільняючи атоми хлору, які руйнують молекули озону.

Зменшення товщини озонowego шару призводить до збільшення кількості ультрафіолетового випромінювання, що досягає поверхні Землі. Це, в свою чергу, може призвести до: збільшення захворюваності на рак шкіри, пошкодження очей, порушення імунної системи, негативний вплив на рослини та морські екосистеми.

Для вирішення проблеми виснаження озонowego шару у 1987 році була підписана Монреальська конвенція. Цей міжнародний договір передбачає поетапну відмову від виробництва та споживання речовин, що руйнують озоновий шар. Завдяки зусиллям міжнародного співтовариства вдалося досягти значних успіхів у відновленні озонowego шару.

За прогнозами вчених, озоновий шар поступово відновлюватиметься. Однак цей процес триватиме ще кілька десятиліть. Повний відновлення озонowego шару очікується до середини XXI століття.

## 6. Деградація та знищення середовищ існування (біотопів)

Деградація та знищення середовищ існування – це глобальна екологічна проблема, яка загрожує біорізноманіттю та стабільності екосистем. Ці процеси відбуваються внаслідок антропогенного впливу на природу і призводять до втрати природних ландшафтів, збіднення флори і фауни, а також порушення природних екосистем.

Знищення лісів під сільськогосподарські угіддя, пасовища, а також для отримання деревини призводить до втрати середовища існування для багатьох видів рослин і тварин. Інтенсивне землеробство, використання добрив та пестицидів призводить до деградації ґрунтів, забруднення водних ресурсів та втрати біорізноманіття. Розширення міст, будівництво доріг та промислових підприємств призводить до фрагментації природних ландшафтів, забруднення повітря, води та ґрунту. Скидання промислових та побутових стічних вод, викиди шкідливих речовин в атмосферу, забруднення ґрунтів призводять до деградації екосистем. Видобуток корисних копалин, перелов риби, браконьєрство призводять до збіднення біорізноманіття та руйнування екосистем. Зміна кліматичних умов, підвищення температури, зміна режиму опадів призводять до змін у розподілі рослин і тварин, а також до виникнення екстремальних погодних явищ.

Знищення середовищ існування призводить до зникнення багатьох видів рослин і тварин, що збіднює біорізноманіття планети. Зміна природних екосистем може призвести до порушення екологічних балансів, що може мати негативні наслідки для людини. Деградація біотопів призводить до зменшення продуктивності екосистем, що може негативно вплинути на забезпечення людей продуктами харчування та іншими природними ресурсами. Знищення лісів та інших природних екосистем посилює негативні наслідки кліматичних змін, таких як підвищення температури, зміна режиму опадів та підвищення рівня моря.

## Лекція 16

**Тема: Первинна продукція в екосистемах. Вторинна продукція в екосистемах. Потік енергії та розподіл речовин в екосистемах. Наземні екосистеми**

### План

1. Основні поняття про первинну та вторинну продукцію.
2. Первинна продукція в екосистемах.
3. Методи вимірювання первинної продукції
4. Вторинна продукція в екосистемах
5. Потоки енергії в екосистемах
6. Розподіл матеріалів в екосистемах
7. Наземні екосистеми та їхня продуктивність
8. Взаємозв'язок водних і наземних екосистем продуктивність
9. Вплив аквакультури на енергетичні потоки та продуктивність екосистем продуктивність

#### 1. Основні поняття про первинну та вторинну продукцію.

Первинна та вторинна продукція – це фундаментальні поняття в екології, які характеризують кількість органічної речовини, створеної живими організмами за певний період часу. Ці показники є ключовими для розуміння функціонування екосистем та їх продуктивності.

**Первинна продукція** - це кількість органічної речовини, синтезованої автотрофними організмами (рослинами, водоростями, деякими бактеріями) за одиницю часу в процесі фотосинтезу або хемосинтезу. Іншими словами, це кількість біомаси, яку виробляють рослини.

#### **Види первинної продукції:**

- 1) **Валова первинна продукція** - загальна кількість органічної речовини, створеної за одиницю часу.
- 2) **Чиста первинна продукція** - кількість органічної речовини, що залишається після витрат на дихання рослин. Саме чиста первинна продукція доступна для наступних трофічних рівнів.

**Вторинна продукція** - це кількість органічної речовини, створеної гетеротрофними організмами (тварин, грибів, бактерій) за одиницю часу. Тобто, це біомаса, яку нарошують тварини, споживаючи рослини або інших тварин.

#### **Види вторинної продукції:**

- 1) **Загальна вторинна продукція:** Кількість органічної речовини, спожитої гетеротрофами.
- 2) **Чиста вторинна продукція:** Кількість органічної речовини, що залишається після витрат на дихання гетеротрофів.

## 2. Первинна продукція в екосистемах.

Первинна продукція – це фундаментальний процес у функціонуванні будь-якої екосистеми. Це кількість органічної речовини, яку продукують автотрофні організми (рослини, водорості, деякі бактерії) за одиницю часу. Іншими словами, це кількість біомаси, яку виробляють зелені рослини в процесі фотосинтезу.

**Фотосинтез:** основним процесом, завдяки якому відбувається первинна продукція, є фотосинтез. Рослини, використовуючи сонячне світло, воду та вуглекислий газ, синтезують органічні речовини (вуглеводи) та виділяють кисень.

**Хемосинтез:** деякі бактерії здатні синтезувати органічні речовини не використовуючи сонячне світло, а отримуючи енергію з окислення неорганічних сполук. Цей процес називається хемосинтезом.

Вся інша життя в екосистемі залежить від первинної продукції. Рослини є першою ланкою в харчовому ланцюгу, їхньою біомасою живляться трав'ядні тварини, а ті, в свою чергу, є їжею для хижаків. Рослини поглинають вуглекислий газ з атмосфери, що допомагає регулювати клімат. Відмерлі рослини розкладаються, утворюючи гумус і збагачуючи ґрунт органічними речовинами.

## 3. Методи вимірювання первинної продукції

### *Кисневий метод:*

**Принцип:** вимірюється кількість кисню, що виділяється рослинами під час фотосинтезу.

**Застосування:** широко використовується для вимірювання первинної продукції у водних екосистемах.

**Переваги:** відносно простий метод, не вимагає складного обладнання.

**Недоліки:** може бути спотворений диханням інших організмів у пробі.

### *Радіовуглецевий метод:*

**Принцип:** в екосистему вводять радіоактивний ізотоп вуглецю ( $^{14}\text{C}$ ), який включається в органічні речовини, що утворюються в процесі фотосинтезу. Потім вимірюють кількість радіоактивного вуглецю, що накопичився в рослинах.

**Застосування:** використовується для вимірювання первинної продукції як у наземних, так і у водних екосистемах.

**Переваги:** дозволяє оцінити швидкість фотосинтезу в різних умовах.

**Недоліки:** вимагає спеціального обладнання для вимірювання радіоактивності.

### *Метод зміни біомаси:*



Принцип: вимірюється приріст біомаси рослин за певний період часу.

Застосування: застосовується для багаторічних рослин та фітопланктону.

Переваги: дозволяє оцінити загальну продуктивність екосистеми.

Недоліки: не дозволяє оцінити короточасні зміни в продуктивності.

#### ***Колориметричний метод:***

Принцип: вимірюється концентрація хлорофілу, який є пігментом, що бере участь у фотосинтезі. Концентрація хлорофілу корелює з інтенсивністю фотосинтезу.

Застосування: широко використовується для оцінки первинної продукції у водних екосистемах.

Переваги: дозволяє швидко оцінити потенційну продуктивність екосистеми.

Недоліки: не завжди точно корелює з реальною швидкістю фотосинтезу.

#### **4. Вторинна продукція в екосистемах**

Вторинна продукція – це кількість органічної речовини, яку утворюють гетеротрофні організми (тварин, гриби, бактерії) за певний період часу. Іншими словами, це біомаса, яку нарошують тварини, споживаючи рослини або інших тварин. На відміну від первинної продукції, яка створюється автотрофами шляхом фотосинтезу, вторинна продукція є результатом використання вже готової органічної речовини.

Гетеротрофи споживають органічну речовину, синтезовану автотрофами (рослинами) або іншими гетеротрофами. Частина спожитої їжі засвоюється організмом і використовується для побудови власних тканин, тобто для зростання та розвитку. Частина спожитої енергії витрачається на підтримання життєвих процесів організму (дихання, рух тощо). Неперетравлені залишки їжі виділяються у вигляді екскрементів.

Вторинна продукція забезпечує передачу енергії від одного трофічного рівня до іншого в екосистемі. Взаємодія між хижаками і здобиччю, конкуренція за їжу регулюють чисельність популяцій різних видів. Деякі гетеротрофи (бактерії, гриби) розкладають мертву органічну речовину, повертаючи поживні речовини в кругообіг.

#### **5. Потоки енергії в екосистемах**

Потоки енергії – це неперервний рух енергії через екосистему від її джерела (Сонця) до останнього споживача. Енергія в екосистемі перетворюється з однієї форми в іншу, проходячи через різні трофічні рівні.

Рослини, водорості та деякі бактерії, які здатні перетворювати сонячну енергію в енергію хімічних зв'язків органічних речовин (процес фотосинтезу). Вони є основою будь-якого харчового ланцюга.

Гетеротрофні організми, які споживають готові органічні речовини. Розрізняють консументів першого порядку (травоїдні), другого порядку (хижаки, що живляться травоїдними) і так далі. Бактерії та гриби, які розкладають органічні рештки до неорганічних речовин, повертаючи їх у кругообіг речовин.

Сонячна енергія є первинним джерелом енергії для більшості екосистем. Рослини поглинають сонячне світло і перетворюють його на енергію хімічних зв'язків органічних речовин. Енергія передається від одного організму до іншого через харчові ланцюги. Кожен наступний організм у ланцюгу отримує менше енергії, ніж попередній, оскільки частина енергії витрачається на підтримання життєвих процесів і втрачається у вигляді тепла. Коли організми відмирають, редуценти розкладають їх органічні рештки, повертаючи неорганічні речовини в ґрунт, воду або повітря. З кожним наступним трофічним рівнем кількість енергії, що передається, зменшується приблизно на 90%. Це відоме як правило екологічної піраміди. Хоча енергія проходить через екосистему лише один раз, речовини (вуглець, азот, фосфор) циркулюють в екосистемі постійно.

## 6. Розподіл матеріалів в екосистемах

Розподіл матеріалів в екосистемі – це динамічний процес, який забезпечує безперервне функціонування живих систем. На відміну від енергії, яка проходить через екосистему лише один раз, речовини постійно циркулюють, переходячи з однієї форми в іншу та з одного організму в інший.

Найважливішими біогеохімічними циклами є:

Цикл вуглецю: вуглець є основою всіх органічних сполук. Він циркулює між атмосферою, гідросферою, літосферою та біотою в процесах фотосинтезу, дихання, розкладання органічних речовин.

Цикл азоту: азот необхідний для синтезу білків і нуклеїнових кислот. Він переходить з атмосфери в ґрунт завдяки діяльності азотфіксуючих бактерій, потім включається в органічні речовини і знову повертається в атмосферу в результаті діяльності денітрифікуючих бактерій.

Цикл фосфору: фосфор є важливим компонентом нуклеїнових кислот і АТФ. Він циркулює між літосферою, гідросферою та біотою.

Цикл сірки: сірка входить до складу білків і деяких вітамінів. Вона циркулює між атмосферою, гідросферою, літосферою та біотою.

## 7. Наземні екосистеми та їхня продуктивність

Наземні екосистеми – це складні системи, що складаються з живих організмів (рослин, тварин, мікроорганізмів) та неживої природи (ґрунту, повітря, води, сонячного світла). Вони відрізняються різноманітністю видів, кліматичними умовами та рівнем продуктивності.

Продуктивність екосистеми – це швидкість створення органічної речовини за одиницю часу. Іншими словами, це показник того, наскільки швидко рослини виробляють біомасу в процесі фотосинтезу, а тварини – нарощують свою масу.

Температура, вологість, кількість опадів, тривалість світлового дня безпосередньо впливають на ріст рослин і, відповідно, на продуктивність екосистеми. Хімічний склад, структура, вологість ґрунту визначають доступність поживних речовин для рослин. Конкуренція між видами, хижацтво, паразитизм впливають на чисельність організмів і, відповідно, на продуктивність.

За зміною продуктивності можна судити про здоров'я екосистеми та вплив на неї різних факторів (кліматичні зміни, забруднення, вирубка лісів). Дані про продуктивність використовуються для створення екологічних моделей, які дозволяють прогнозувати зміни в екосистемах. Знання про продуктивність дозволяє оцінити потенціал екосистем для виробництва біомаси, що важливо для сільського господарства та лісового господарства.

## **8. Взаємозв'язок водних і наземних екосистем продуктивність**

Водні та наземні екосистеми, хоча й здаються різними, тісно пов'язані між собою. Вони взаємодіють через ряд процесів, що впливають на клімат, кругообіг речовин та біорізноманіття.

Вода випаровується з океанів, переноситься повітряними масами над сушею, випадає у вигляді опадів, живить річки, озера і знову повертається в океан. Цей неперервний цикл забезпечує вологість ґрунту, необхідну для життя наземних рослин, і поповнює водні ресурси.

Річки переносять поживні речовини з суші в океан, а вітер переносить пилок рослин і спори грибів з одного континенту на інший.

Багато видів тварин здійснюють міграції між водними та наземними екосистемами, наприклад, лосось, черепахи, птахи.

Великі водні маси, такі як океани, впливають на клімат суші, пом'якшуючи температуру і регулюючи кількість опадів. Наземні екосистеми, розташовані поблизу водойм, часто мають підвищену продуктивність завдяки більшій кількості вологи та поживних речовин.

Водні екосистеми забезпечують вологість повітря, що впливає на рівень опадів і, відповідно, на продуктивність наземних екосистем. Річки переносять поживні речовини з суші в океан і назад, забезпечуючи циркуляцію важливих елементів для життя. Клімат, який формується під впливом океанів, визначає тип рослинності і, як наслідок, продуктивність наземних екосистем.

Мангрові ліси, що ростуть на узбережжі, є важливим екотоном між морем і сушею. Вони захищають береги від ерозії, слугують місцем нересту для риб і забезпечують харчування для багатьох видів тварин. Водно-болотні угіддя відіграють важливу роль у очищенні води, регулюванні рівня води та забезпеченні біорізноманіття. Річкові долини є коридорами для міграції тварин і розповсюдження рослин.

## 9. Вплив аквакультури на енергетичні потоки та продуктивність екосистем продуктивність

Аквакультура, або вирощування водних організмів, є одним з найшвидше розвиваючихся секторів світового сільського господарства. Однак, як і будь-яка інша людська діяльність, вона має значний вплив на навколишнє середовище, зокрема на енергетичні потоки та продуктивність екосистем. Аквакультура забезпечує додаткове джерело білка та інших поживних речовин, допомагаючи задовольнити зростаючі потреби населення. Шляхом вирощування аквакультурних видів зменшується тиск на дикі популяції риби та інших водних організмів. Аквакультура створює нові робочі місця в прибережних районах.

Введення додаткової біомаси у водойму (корм для риб, органічні відходи) змінює природні енергетичні потоки, що може призвести до евтрофікації водойм, розмноження шкідливих водоростей та загибелі інших видів. Стічні води з аквакультурних господарств можуть містити органічні речовини, патогенні мікроорганізми, ліки та інші шкідливі речовини, що забруднюють водойми і негативно впливають на водні екосистеми. Витік аквакультурних видів у природне середовище може призвести до розповсюдження інвазивних видів, які конкурують з місцевими видами за ресурси і порушують природні екосистеми. Інтенсивна аквакультура може призвести до зниження біорізноманіття в аквакультурі та навколишньому середовищі.

Використання закритих систем рециркуляції дозволяє мінімізувати використання води та зменшити забруднення навколишнього середовища. Використання екологічно чистих кормів, виготовлених з рослинних компонентів, може зменшити кількість органічних відходів і знизити ризик евтрофікації. Регулярний моніторинг здоров'я риб та профілактичні заходи допоможуть запобігти спалахам хвороб і зменшити використання антибіотиків та інших ліків. Розробка та впровадження екологічних стандартів для аквакультури допоможе забезпечити сталий розвиток цього сектора.