

## ТЕМА 4. ЕКОСИСТЕМИ, ЇХНІ ВЛАСТИВОСТІ І ЗАКОНИ ФУНКЦІОНУВАННЯ.

### План:

1. Поняття «біогеоценоз», «екосистема».
2. Властивості екосистем.
3. Класифікація та компоненти екосистеми.
4. Продукційний процес. Біологічна продуктивність екосистем.
5. Основні екосистеми світу.
6. Загальні принципи стійкості екосистем та їх саморегуляція.

### 1. Поняття «біогеоценоз», «екосистема».

У 1935 р. англійський ботанік А. Тенслі вперше ввів в екологію термін «екосистема». Екосистеми є основними структурними одиницями які складають біосферу. Тому поняття про екосистеми надзвичайно важливе для аналізу усього різноманіття екологічних явищ.

Під системою, взагалі, розуміють упорядковано взаємодіючі і взаємозалежні компоненти що утворюють єдине ціле. Співтовариство живих організмів і неживе середовище, що функціонують спільно й утворюють екологічну систему або екосистему.

**Екосистема** – це комплекс організмів і водночас середовище їхнього існування з усіма взаємозв'язками і взаємодією між ними.

Найбільш важливою ознакою екосистем є їхнє формування з живих організмів із різними типами живлення. У природі до екосистем обов'язково входять: продуценти, що забезпечують акумулювання сонячної енергії та створення органічної речовини; консументи, що здійснюють її переробку; редуценти, що утилізують відходи життєдіяльності продуцентів і консументів.

Існує декілька визначень що **таке екосистема**.

I. Екосистема – єдиний природний організм, створений за тривалий період живими організмами і середовищем їхнього існування і де всі компоненти тісно пов'язані шляхом обміну речовиною та енергією.

II. Екосистема – сукупність організмів, що спільно живуть, і умов їхнього існування, що знаходяться в закономірному взаємозв'язку один з одним і утворюють систему взаємообумовлених біотичних і абіотичних явищ і процесів.

III. Екосистеми – термодинамічно відкриті, функціонально цілісні системи, що існують за рахунок надходження з навколишнього середовища енергії і частково речовини і які саморозвиваються і саморегулюються.

Розмір екосистеми визначається тим простором, при наявності якого можливе здійснення процесів саморегуляції і самовідновлення сукупності складових компонентів і елементів екосистеми, що створюють середовище.

Екосистеми бувають різноманітних розмірів, простими і складними, штучними (акваріум, теплиця, пшеничне поле, населений космічний корабель) і природними (озеро, ліс, океан).

Розрізняють *водні і наземні* екосистеми. Всі вони утворюють на поверхні планети строкату мозаїку. При цьому в одній природній зоні зустрічається багато схожих екосистем. Вони можуть об'єднуватися в однорідні комплекси або можуть бути розділені іншими екосистемами.

Члени угруповання так тісно взаємодіють із середовищем проживання, що біоценоз часто важко розглядати окремо від біотопу. Наприклад, ділянка землі – це не просто «місце», але і певна кількість ґрунтових організмів і продуктів життєдіяльності рослин і тварин. Тому їх об'єднують під назвою біогеоценозу: «біотоп + біоценоз = біогеоценоз». Поняття біогеоценозу ввів російський учений В. Сукачов у 1942 р.

**Біогеоценоз** - сукупність на визначеній частині земної поверхні однорідних природних явищ (склад атмосфери, гірських порід, рослинності, тваринного світу та світу мікроорганізмів), які мають свою специфіку взаємодій компонентів і визначений тип обміну речовин та енергії, перебуває в поспішному русі і розвитку.

Отже, *біогеоценоз* - це елементарна наземна екосистема, наземна форма існування природних екосистем.

Незважаючи на те, що біогеоценоз і екосистема, за висловлюванням Ю. Одума, є синонімами, окремі дослідники вкладають у ці поняття різний зміст і використовують їх довільно, не беручи до уваги сутність цього явища. Це вносить певний безлад у розуміння цих понять, що шкодить і науковцям, і практикам.

Якщо погодитися з тим, що екосистема є об'єктом вивчення екології, то доведеться визнати, що всі живі організми (рослинного, тваринного і мікробного походження) перебувають у постійній взаємодії між собою, і з усіма останніми косними факторами середовища існування. Крім того, вони виконують величезну роботу, пов'язану з обміном речовини і перетворенням її в енергію, що не дає підстав обмежуватися лише констатацією зв'язків живих організмів з косними факторами у вигляді єдиної фізичної системи.

Отже, терміни «біогеоценоз» і «екосистема» можна вважати синонімами лише в тому випадку, коли вони розглядаються як біоценоз, який займає певну ділянку земної поверхні з подібними атмосферними, літосферними, гідросферними умовами і характеризується однорідністю взаємозв'язків і взаємовпливів усередині біоценозу та зв'язків з його середовищем місцезростання, наявністю в цьому комплексі живої і неживої природи кругообігу речовини й енергії.

Хоча біогеоценоз – це однорідна ділянка земної поверхні, але її однорідність є відносною, оскільки в середині біогеоценозу немає жодної суттєвої біоценологічної, геоморфологічної, гідрологічної і ґрунтово-геохімічної межі. Однак, досить невизначеною залишається міра цієї відносності: з одного боку, біогеоценози мають певну просторову (вертикально-горизонтальну) структуру і є сукупністю підсистем, з іншого боку, дуже часто біогеоценози не мають різких меж між собою і тому їх дуже важко розмежувати «в природі».

Е.М. Лаврінко і М.В. Диліса (1968) запропонували дуже влучне визначення: «біогеоценоз – екосистема в межах фітоценозу», адже після встановлення меж біогеоценозу цей природний об'єкт можна вивчати як екосистему. Але, як відомо, просторова структура фітоценозу є дуже неоднорідною і строкатою, а тому виділити межі з сусіднім фітоценозом непросто. Це пояснюється й тим, що одні фітоценологію вважають рослинний покрив дискретним і виділяють його межі, інші ж схиляються до думки про континуум, або ж неперервність, рослинного покриву і доводять неможливість встановлення цих меж.

*Отже, біогеоценоз – це сукупність рослинності, тваринного світу, мікроорганізмів і певної ділянки земної поверхні, які пов'язані між собою обміном речовин та енергії.*

Однією із загальних і обов'язкових ознак біогеоценозу є взаємодія автотрофних і гетеротрофних ланок. Науку про біогеоценози називають **біогеоценологією**. Вона вивчає біоценотичні процеси, які відбуваються в кожному конкретному біогеоценозі (екосистемі), зокрема продуктивність, обмін речовиною та енергією. Положення В.М.Сукачова про те, що обмін речовиною і енергією є такою ж характерною властивістю біогеоценозу, як і склад рослин і тварин, а також специфіка взаємозв'язків і взаємодії між ними має принципове значення, оскільки саме участь усіх взаємодіючих організмів у речовинно-енергетичному обміні функціонально об'єднує їх в єдину систему, яка включає їх та абіотичне середовище. Однак, структура біогеоценозу, тобто склад утворюючих його видів, властивості кожного середовища і особливості взаємодії між ними, визначають специфіку речовинно-енергетичного обміну. Біоценологію (синекологію) від біогеоценології відрізняє передусім те, що остання включає як складову частину досліджуваної системи абіотичний комплекс, біоценологія ж вивчає лише сукупність організмів.

Важливою характеристикою екосистем є розмаїття видового складу. Вчені виявили деякі закономірності в існуванні екосистем різного рівня:

- Чим різноманітніші умови біотопів у межах екосистеми, тим більше видів містить відповідний біоценоз. Яскравим прикладом є тропічні ліси, де живе більшість існуючих видів тварин і рослинності.

- Чим більше видів містить екосистема, тим менше особин нараховують відповідні видові популяції. Так, у системах із малою видовою розмаїтістю (пустелі, степу, тундри) деякі популяції досягають великої чисельності, а в тропічних лісах популяції, зазвичай, нечисельні.

- Чим більша розмаїтість біоценозу, тим більша екологічна стійкість екосистеми. Так, екосистема моря стійкіша за екосистему озера, тому що її населяють різноманітні види тварин, а рослинний світ її надзвичайно багатий.

- Експлуатовані людиною системи, що представлені одним видом або дуже малим їх числом (агроценози з землеробськими монокультурами), нестійкі за своєю природою і не можуть самопідтримуватися. Тому людям слід бути особливо дбайливими щодо таких екосистем.

- Жодна частина екосистеми не може існувати без іншої. Якщо з якоїсь причини відбувається порушення структури екосистеми, зникає група

організмів, вид, то все угруповання може дуже змінитися або навіть зруйнуватися.

## 2. Властивості екосистем.

**Екологічним системам притаманні такі властивості:**

- *цілісність (відокремленість, автономність)* означає певну замкненість сукупності компонентів, які складають екологічну систему
- *функціональність(цілеспрямованість)* визначає мету існування екосистеми
- *продуктивність* – властивість виробляти певну продукцію згідно мети екосистеми
- *енергоспроможність* – властивість екологічної системи сприймати, переробляти, засвоювати зовнішню енергію. а також віддавати її за межі системи
- *емерджентність* – здатність екосистеми отримувати нові, по відношенню до складових системи, властивості.
- *самоорганізованість* – здатність екосистеми пристосовуватися до змін зовнішнього середовища в певних межах, зберігати структуру й функціональні властивості, тобто життєдіяльність в умовах довкілля, чинити опір зовнішньому впливові.
- *відкритість.*
- *ієрархічність (багаторівневість).*

## 3. Класифікація та компоненти екосистеми.

Біосфера, як глобальна екосистема, складається з наземних і водних екосистем. Кожний тип екосистем характеризується певними угрупованнями рослин і тварин, що адаптуються до умов навколишнього середовища. В екології екосистеми класифікують у відповідності до схожості їх структури.

**Наземні екосистеми або біоми.** Найголовнішим фактором, що визначає види та чисельність рослин і тварин в наземних екосистемах, є *клімат*. Клімат - це усереднені коженденні погодні умови за довгий період часу (звичайно за 30 років) для певної території Землі.

Виділяють три основних типи великих наземних екосистем: **ліс**, **степ** і **пустеля**. Основною характеристикою, що визначає приналежність екосистеми до одного з цих типів, є середньорічна кількість опадів та видовий склад рослинності.

Для **лісових екосистем** кількість опадів є найбільшою і звичайно перевищує 75 см на рік. **Степові екосистеми знаходяться** у регіонах, де середньорічна кількість опадів коливається від 25 до 75 см, а **пустелі** займають бідні на опади території - менше ніж 25 см на рік. Кількість опадів разом із середньою річною температурою призводять до подальшої типізації лісів, степів та пустель на : тропічні, помірні та полярні. Полярний степ називають **тундрою**, тропічну степ - **саваною**, північний хвойний ліс -тайгою, тропічний вологий ліс - **гілеєю**.

Існують різноманітні підходи до класифікації екосистем.

**1. По розміру** мікроекосистеми (калюжа, ставок), мезоекосистеми (ліс, озеро), макроекосистеми (континент, океан). континентальні екосистеми, глобальна екосистема - біосфера.

**2. По ландшафту:** північні хвойні ліси, тундра, листяні ліси, тропічні ліси вологі, тропічні ліси сухі, прерії, савани, пустині, вічнозелені чагарники, гірські ліси (указані тільки континентальні екосистеми, водяні не указані).

**3. По енергії:**

1. Природні екосистеми, рухомі енергією Сонця, несубсидовані іншими видами енергії;

2. Природні екосистеми, рухомі енергією Сонця, субсидовані іншими джерелами природної енергії (вітер, дощ, та ін.);

3. Екосистеми рухомі енергією Сонця і субсидовані додатковою енергією людиною (це агроекосистеми);

4. **Індустріально-міські екосистеми, рухомі енергією палива (копальневим, ядерним ...).**

**4. Залежно від роду діяльності людини антропогенні екосистеми поділяють на:**

1) промислові (екосистеми металургійного заводу, харчового виробництва та ін.);

2) сільськогосподарські (агроценози, птахофабрики, тваринницькі ферми та ін.);

3) міські екосистеми – урбоекосистеми (екосистеми комунального господарства, житлового будинку та ін.).

Раніше від інших були створені людиною сільськогосподарські екосистеми з метою забезпечення її потреб у продуктах харчування. **Агроценози** (грец. «агрос» - поле і «ценоз» – загальний) – це ценози, що утворюються і підтримуються людиною завдяки розробленій нею системі агротехнічних та агрохімічних заходів. Вони характеризуються видовою бідністю і одноманітністю, що обумовлює слабку стійкість агроценозів, збільшення кількості шкідників і бур'янів. Без постійного втручання людини вони руйнуються і зникають. Агроценози характеризуються високою продуктивністю одного або кількох видів рослин і тварин і постачають людству до 90% продуктів харчування.

**Компоненти екосистеми, закони формування її структури.**

З біологічної точки зору в складі екосистем виділяють такі компоненти:

1. Неорганічні речовини (кисень, азот, вуглекислий газ, вода, фосфор, вуглець і ін.), що вступають у кругообіги;

2. Органічні сполуки (вивіррки, вуглеводи, ліпіди та ін.);

3. Повітряне, водяне і субстрактне середовище, яке включає кліматичний режим і інші фізичні чинники;

4. **Продуценти** - автотрофні(тобто ті, що харчуються самостійно) живі організми, в основному **зелені рослини**, що можуть створювати біомасу з простих хімічних елементів шляхом фотосинтезу ;

**5. Макроконсументи** – гетеротрофні (ті, що харчуються не самостійно) організми, в основному, **це тварини** (фаготрофи);

**6. Мікроконсументи** або **редуценти** – гетеротрофні організми (**бактерії, грибки ...**), що одержують енергію або при розкладанні мертвих тканин продуцентів або макроконсументів, або шляхом поглинання розчиненої органічної речовини (ці організми ще називаються сапротрофами).

*У функціональному плані виділяють такі компоненти:*

1. Потоки енергії;
2. Кругообіги речовини;
3. Живі організми;
4. Керуючі ланцюги зворотних зв'язків;
5. Інформаційні потоки.

Компоненти екосистеми знаходяться у визначених взаємозв'язках і взаємодії, що і являє собою структуру екосистеми. Структура зв'язує компоненти системи, надаючи їм спільність і цілісність.

Стійкість взаємозв'язків і взаємодії компонентів, тобто структура, перешкоджає постійній зміні компонентів, утримуючи ці зміни у визначених межах, і зберігаючи екосистему від розпаду.

У структурному плані екосистеми можуть ділитися на підсистеми і блоки, що грають роль “цеглинок”. У число структурних елементів входять популяції, консорції (сукупність різнорідних організмів, тісно пов'язаних між собою і залежних від центрального члена співтовариства, екологічно і просторово відособлена частина фітоценозу, що складається з рослин однієї або декількох близьких життєвих форм), яруси рослинності.

Бувають екосистеми:

– **монодомінантні** – екосистеми з одним основним видом продуцента (монокультура);

– **олігодомінантні** – екосистеми з декількома основними видами продуцентів і консументів (у поняття варто було б включити і редуцентів);

– **полідомінантні** – екосистеми у котрих немає чіткої переваги невеличкого числа видів над іншими. Ці екосистеми багаті розмаїтістю живих організмів, вони ще називаються бездомінантними.

Чим же визначаються межі різноманіття екосистем? Чому в різних регіонах вони так сильно відрізняються по складу і багатству видів? У результаті чого видове багатство вищих рослин, наприклад, на арктичних островах не перевищує 50–100 видів на 100 кв. км, а в тропіках на такій же площі можна виявити більше 1000 видів?

Це пов'язано, по-перше, з дією лімітуючих чинників, насамперед кліматичних, вони визначають, які саме види найкраще пристосовані до існування в тих або інших умовах, а по-друге, із дією принципу еколого-географічного максимуму видів. Відповідно до цього принципу - для нормального функціонування будь-якої екосистеми в ній повинно існувати стільки і таких видів, скільки і яких необхідно для максимального використання енергії яка надходить і забезпечення кругообігу речовини.

#### **4. Продукційний процес. Біологічна продуктивність екосистем.**

Усі екологічні системи від екосистем до біосфери відрізняються присутністю живої речовини. Постійна присутність живої матерії в екосистемах забезпечується безперервним процесом оновлення живої речовини, її синтезом. Процес продукування живої речовини, що здійснюється в ході живлення, є центральною екосистемною функцією життя. Її прийнято називати біологічною продуктивністю. У біологічній продуктивності беруть участь усі живі організми, і цим вони роблять свій внесок у підтримку існування біосфери.

Мірою біологічної продуктивності слугує величина продукції біомаси, яка створюється за одиницю часу, віднесеної до одиниці площі або об'єму простору (*м та м*). В екології розрізняють первинну та вторинну продукцію. *Первинна продукція* – це частина живої речовини, яка створюється завдяки діяльності організмів з автотрофним типом живлення. У межах первинної продукції розрізняють *валову* та *чисту* продукцію.

*Валовою продукцією* називають масу органічної речовини, яка утворюється при фотосинтезі або хемосинтезі. Але, природно, якась частина первинної продукції витрачається на дихання. Залишок органічних речовин після цих витрат і складає *чисту продукцію*. Різниця між валовою та чистою продукцією досить велика, чиста продукція складає 40–80% валової продукції.

Вторинна продукція завжди нижча, ніж первинна, оскільки:

– не вся первинна продукція з'їдається гетеротрофними організмами, частина її накопичується у ґрунті в формі гумусу (до речі, кам'яне вугілля — це також залишок мінералізованої біомаси, яка створена автотрофними організмами);

– гетеротрофи не можуть забезпечити 100% перетворення первинної продукції на вторинну згідно з законом екологічної піраміди.

Необхідно розрізнити *первинну продукцію* — органічна маса, створена рослинами за одиницю часу, і *первинну продуктивність* — швидкість з якою автотрофи (продуценти) в процесі фотосинтезу зв'язують енергію і запасують її в формі органічної речовини.

Консументи, які споживають первинну продукцію, утворюють свою біомасу. Для позначення біомаси і швидкості її утворення консументами застосовуються терміни: «вторинна продукція», тобто продукція гетеротрофних організмів, і «вторинна продуктивність», тобто, швидкість утворення продукції гетеротрофами.

#### **Генетичні фактори продуктивності.**

У всіх живих організмів рівень біопродуктивності чітко зумовлений їхньою видовою належністю і, відповідно, контролюється генотипом. Генотип визначає й іншу властивість живих організмів, що впливає на планетарне накопичення біомаси, – темпи розмноження. У результаті продукція, що створюється тим чи іншим живим організмом, залежить від двох факторів:

- а) інтенсивності біопродукційного процесу;
- б) темпів розмноження.

Обидва ці фактори мають генетичну зумовленість. У тих випадках, коли рівень біопродукційного процесу досить високий, він визначає запаси біомаси,

які створюються даним організмом. У мікроскопічних організмів при їх мікроскопічних розмірах тіла накопичення біомаси цілком визначається темпами розмноження. Окремі акти розмноження бактерій та інших мікроорганізмів у сприятливих умовах можуть відбуватися кожні 30—60 хвилин. Теоретично це означає, що вже протягом кількох років мікроорганізми змогли б сформувати біомасу розміром із Земну кулю. Однак цього не спостерігається, оскільки швидкість розмноження мікроорганізмів обмежена великою кількістю зовнішніх факторів і, перш за все, нестачею органічної речовини для живлення.

Тому в сучасній біосфері Землі сумарна біомаса мікроорганізмів невелика. Найбільша її частина зосереджена у ґрунті. У вищих зелених рослин продукування біомаси коливається в дуже широких межах. Це пов'язано з розмірами їхнього тіла. Особини ряски, наприклад, мають масу всього декілька грамів, а маса найбільшого на нашій планеті дерева секвої гігантської, що росте в Каліфорнії (США), становить приблизно 2 тисячі тонн.

Дослідження селекціонерів та тисячолітній досвід ведення сільського господарства показали, що як у рослин, так і у тварин продукція дійсно контролюється генетично, але спеціального «гену врожайності» немає. Здатність формування біомаси визначається генотипом в цілому. Незалежні набори генів впливають на морфологічні, фізіологічні та біохімічні параметри, що контролюють процес накопичення біомаси.

У світі живих істот діє загальна закономірність: **чим більший розмір біомаси особини певного виду рослини чи тварини, тим нижчий темп розмноження та менша кількість потомства продукується за один акт репродукції.** Природа немовби контролює продукційний процес, не допускаючи перевиробництва біомаси одного виду та сприяючи збільшенню біомаси різних видів. Однак окремі рослини та тварини відрізняються високим рівнем біопродукції. Найчастіше це пов'язано з явищем поліплоїдії.

*Поліплоїдія* — це природне чи штучне збільшення числа хромосом у ядрах. Найбільш характерна вона для рослин, але спостерігається й у тварин, зокрема вона властива дощовим черв'якам. Особини поліплоїдіє відрізняються великими розмірами і мають підвищену стійкість до несприятливих факторів. У сільському господарстві у зв'язку з цим ведеться цілеспрямована робота щодо створення поліплоїдіє з максимальною продуктивністю.

### **Біопродукція в різних біомах. Принцип лімітування біопродукції.**

*Біологічна продуктивність* - це відтворення біомаси рослин, тварин і мікроорганізмів, які входять до складу біогеоценозу. Відтворення біомаси видових популяцій рослин і тварин протікає з певною швидкістю, тому біологічна продуктивність може бути виражена продукцією за сезон, за рік, за декілька років чи інші одиниці часу.

Для наземних і донних організмів вона визначається кількістю біомаси на одиницю площі, а для планктонних і ґрунтових – на одиницю об'єму.

Отже, біологічна продуктивність є відтворенням біомаси на 1 м площі (чи в 1 м об'єму) за одиницю часу і виражається частіше всього в грамах вуглецю чи сухої органічної речовини. Біологічну продуктивність не можна змішувати з



біомасою. Так, планктонні водорості на одиницю площі синтезують за рік стільки ж органічної речовини, скільки і високопродуктивні ліси, однак, біомаса останніх у сотні тисяч разів більша.

Особливості навколишнього середовища і, в першу чергу, режим абіотичних факторів помітно впливають на процес синтезу органічної речовини автотрофними та гетеротрофними організмами. Загальна зумовленість біопродукції екологічними факторами підпорядковується закону толерантності. Відповідно до цього закону в амплітуді дії того чи іншого фактора є зона оптимуму, в межах якої біопродукція максимальна, та дві зони песимуму, в області яких формування біопродуктивності гальмується або нестачею даного ресурсу, або його надлишком.

**Основні класи екосистеми за біопродуктивністю, г/м<sup>2</sup> за рік (за Р.У.Штекером):**

- екосистеми найвищої продуктивності (тропічні вологі ліси) – 2000–3000;
- екосистеми високої продуктивності (листяні ліси помірної зони та луки) – 1000–2000;
- екосистеми помірної продуктивності (степи та чагарники) – 250–1000;
- екосистеми низької продуктивності (пустелі, напівпустелі, тундра) – 250.

У сукупності ресурси та умови, що сприяють можливості отримання біологічної продукції від живих організмів, розуміють як родючість природного угіддя.

Розрізняють **природну родючість** як вихідну потенційну продуктивність угіддя, тобто ділянки суходолу або водойми, та **економічну родючість** як реальну кількість біологічної продукції, яку можна отримати від даного угіддя. Природна родючість є базовою властивістю будь-якої природної екосистеми. Отримання продукції за рахунок природної родючості безвитратне. Витрати необхідні тільки для збору біомаси та її доставлення в потрібне місце. Економічна родючість — поняття більш складне. Воно включає в себе співвідношення між біомасою, що отримується, і витратами матеріалів, енергії та праці на її отримання. Економічна родючість може бути від'ємною величиною, коли вартість сукупних витрат перевищує вартість біопродукції. При цьому «вартість» розуміється у грошовому вираженні, але можливе її вираження у формі енергетичних одиниць.

Біомаса стабільних угруповань, де кругообігом речовин в стані рівноваги, залишається відносно постійною тому, що практично вся первинна продукція витрачається в ланцюгах живлення і розкладання. Екосистеми відрізняються за швидкістю створення і витрачання первинної і вторинної продукції. Але всі вони підпорядковуються закону співвідношення кількості первинної і вторинної продукції. Цей закон називається *правилом піраміди продукції*. *На кожному попередньому трофічному рівні кількість біомаси, яка створюється за одиницю часу, більша, ніж на наступному.* В більшості наземних екосистем діє також *правило піраміди біомас*, тобто *сумарна маса рослин більша, ніж маса фітофагів і травоядних, а маса останніх більша, ніж маса всіх хижаків.*

Знання законів продуктивності екосистем має велике практичне значення. Воно дає можливість наукового обґрунтування кількості продукції, яку людина може використовувати для власних потреб, не завдаючи шкоди природним системам.

### **5. Основні екосистеми світу.**

Загальна площа поверхні Землі складає 510 млн км<sup>2</sup>, з них 70 %, - Світовий океан, суходіл – 150 млн км<sup>2</sup>, в тому числі: гори - 30 %, пустелі - 50 %, савани і рідколісся - 30 %, льодовики - 10 %, і тільки 10 % території суходолу займають сільськогосподарські угіддя. Треба враховувати і той фактор, що сонячна енергія по поверхні Землі розподіляється нерівномірно, її визначає географічне положення, рівень над морем.

#### **Лісові екосистеми.**

У лісах планети налічуються тисячі видів дерев, кущів, ліан. Під пологом лісу розміщена трава, мох, лишайник, плауни, хвощі, папоротник, гриби, підлісок, мікроорганізми, Щорічно в процесі фотосинтезу ліс дає мільярди тонн органічної речовини, відтворюються кислоти, смоли, вітаміни, цукор, фітонциди, з лісової сировини отримують 200 тис. найменувань різної продукції.

**Існує шість зональних типів лісу:** шпилькові, змішані, вологі, екваторіальні, тропічні, ліс сухих зон.

Шпилькові (хвойні) ліси холодної зони розташовані в північній півкулі та в зоні тайги: ялина європейська і сибірська, сосна звичайна, модрина, кедр, ялиця.

Мішані ліси помірної зони розміщені в середній широті північної півкулі - шпильково-широколисті, широколисті та ліси лісостепу (бук, дуб, горіх, каштан, липа, клен, береза, сосна, кедр, ялиця, модрина, туя, дугласія). Це ліси, які найбільш інтенсивно експлуатуються.

Вологі ліси теплого помірного клімату трапляються в обох півкулях і в межах субтропічного поясу. Це - соснові ліси США, бук, ясен, горіх, тюльпанне дерево, паперове дерево, евкаліпт.

Екваторіальні дощові ліси (червоне дерево, кедр, бальса, зелене дерево, лімбо, ірокс тощо) ростуть у тропічних районах з інтенсивними опадами. Ці ліси безжально вирубуються для потреб меблевого виробництва.

Тропічні вологі листопадні ліси - це мусонні тропічні ліси Індії, Південної Америки з такими породами, як тик, трояндове дерево, червоне і чорне дерево, ангельське дерево.

Ліс сухих зон - це субтропічні шпилькові і листяні дерева та чагарники в сухих субтропіках. Найхарактерніші ліси Середземномор'я.

Екологічна цінність лісу в першу чергу в тому, що він є регулятором водного режиму. Зрозумілим стає, чому стік води в Світовий океан щороку катастрофічно збільшується.

Ліс - відновлювач Оксигену. Він дає атмосфері 6 % Оксигену. Це - легені Землі, які очищають повітря від пилу та інших шкідливих елементів антропогенного походження. Ліс регулює інтенсивність сніготанення і рівень води в ріках, стабілізує склад атмосфери, знижує швидкість вітру, зберігає

флору і фауну, мікроорганізми, виділяє фітонциди, оздоровлює довкілля, поглинає шум, має рекреаційне значення.

**Степи** розташовані переважно у рівнинній місцевості з нерегулярними опадами, періодичною засухою та виникаючими час від часу природними пожежами (у тропічних та помірних степах). Загальною рисою степів є досить інтенсивний трав'яний покрив з рідкими чагарниками і іноді деревами. Степи є природними екосистемами з середньою біопродуктивністю - від 0,25 до 1/ 2кг/м за рік.

Тропічні стеги, або савани живлять різні види досить великих рослинно- і травоїдних тварин. Деякі з цих тварин, а також їх хижаки, швидко зникають (за винятком заповідних зон) як результат розвитку землеробства, полювання та іншої діяльності людей.

Прикладом степових екосистем помірної зони є стеги центральної Європи, Сибіру, прерії заходу Сполучених Штатів Америки та Канади, пампаси Південної Америки, південноафриканські вельди. Стеги помірної зони найбільше потерпають від розвитку на цих територіях сільського господарства, в т.ч. землеробства.

**Пустелі** займають приблизно третю частину суходолу планети. Багато великих пустель світу розташовано поблизу тридцятиградусних широт на південь і північ від екватору. Всі пустелі характеризуються невеликою кількістю рослинності, незалежно від середньої температури, кількості сонячного світла, наявності поживних речовин у ґрунті. Через бідний на поживні речовини ґрунт, повільну швидкість росту рослин та нестачу води пустелі є уразливими біомами, і тому будь-яка діяльність людей, наприклад автораллі, пошкоджує і без того бідну рослинність і порушує природну екосистему.

**Пасовища і сінокоси** - це кормові угіддя, що складають 60% сільськогосподарських угідь, і їхня площа перевищує площу ріллі. За експертними оцінками, щорічно можна отримати 70 млн тонн сіна на природних сінокосах, а на пасовищах - 126 млн тонн. А фактично сіна збирають лише 20 % від потенційно можливого обсягу.

Продуктивність кормових ресурсів сінокосів і пасовищ складає 20-30 центнерів на га. Найкращі сінокоси - в заплавах рік, в річкових долинах. Проте у злакових сінокосах площа різко знижується за рахунок ріллі, сільськогосподарських угідь під злакові.

**Агробіоценози** (агроекосистеми) - поле, штучні пасовища, городи, сади, виноградники, плантації горіха, ягідники, квітники, лісопаркові смуги. Основа агробіогеоценозу – це штучний фітоценоз, якість якого залежить від умов середовища, ґрунту, вологи, мікроорганізмів. Агробіогеоценоз – це 10 % суходолу. Його площа становить 1,2 млн га, які дають людині 90 % продуктів харчування. Без людської праці і агротехніки вони існують лише один рік, а зернові й овочеві, ягідники – 3-4 роки, плодові культури – 20 років, маючи потенційні можливості високої продуктивності. Проте це залежить від культури землеробства.

## Водні екосистеми.

Основними факторами, що визначають види і чисельність організмів у водних екосистемах, є такі: солоність води, кількість розчиненого кисню, глибина проникнення сонячного світла і температура.. Лімітуючим фактором для розвитку тих чи інших видів рослин і тварин є солоність води. В залежності від рівня солоності води, тобто концентрації в воді розчинених солей, переважно хлориду натрію, водні екосистеми поділяють на два основних класи: 1) прісноводні екосистеми і 2) морські екосистеми.

**Прісноводні екосистеми** характеризуються низькою солоністю води, переважно до 1г/л солей, і складаються з водних об'єктів з текучою водою - водотоків (річки, струмки) або об'єктів зі стоячою водою (озера, ставки, водосховища, болота).

**Озерами** називають великі природні водойми зі стоячою водою, які утворилися в земних западинах як результат опадів, поверхневого стоку або стоку підземних вод. Озера звичайно складаються з чотирьох окремих зон за глибиною, які забезпечують різноманітні екологічні ніші для різних видів рослин і тварин. Озера поділяються на такі основні типи: евтрофні, оліготрофні та мезотрофні.

Озера з високим вмістом біогенних речовин у воді і, як результат, підвищеним рівнем біологічної продуктивності, називають *евтрофними*. Такі озера звичайно є мілкими, з мутною теплою водою, збагаченою фіто- і зоопланктоном. Вони населені різними видами риб.

*Оліготрофні* озера характеризуються низьким вмістом біогенних речовин і невисокою біопродуктивністю. Вони звичайно глибокі, мають кришталево чисту воду з низькою температурою.

Озера, що займають проміжне місце між цими двома типами, називають *мезотрофними*.

**Ставки** - це невеликі, мілкі, найчастіше штучно створені прісноводні об'єкти. Їх використовують звичайно для водопою тварин або рибогосподарських цілей. Оскільки через невелику глибину води в ставках процес фотосинтезу відбувається в усій товщі води, у літній період ставки вкриваються рослинністю, вода замулюється масою водоростей і в ній інтенсивно розвиваються різні види водної фауни. Ставки швидко забруднюються змивами і скидами з прилеглих територій, і тому потребують періодичного очищення і контролю.

**Водосховищами** називають великі, досить глибокі, штучно створенні водойми стоячої прісної води. Часто їх будують в комплексі з греблями з метою збереження води. Як екосистеми, водосховища мають деякі спільні риси з озерами відповідної глибини. Але, на відміну від озер, об'єм води, який містить водосховище, визначається його призначенням: як гідроенергетичного об'єкту, як джерело водопостачання або для зрошення.

**Болота ( wetlands)** - затоплені водою (постійно або частину року) землі. Болота іноді відносять до наземних екосистем або виділяють в окремий тип екосистем, поряд з прибережними зонами, що затоплені морською водою, в зв'язку з їх специфічністю і важливими екологічними функціями.

**Річки та струмки** - сформовані природою прісноводні поверхневі водойми з текучою водою. Відносно невеликі струмки (або малі річки) вливаються в більш широкі і глибокі річки, які в свою чергу впадають в моря (океани) і, іноді, в озера. Велика річка, що впадає в море (океан, озера), разом з усіма її притоками та іншими малими річками, струмками, що впадають в ці притоки, утворює водозбірний басейн. Видовий склад та чисельність організмів в річкових екосистемах змінюється в межах кожного водозбірного басейну в залежності від висотного положення, швидкості течії, температури води.

**Морські екосистеми**, до яких відносяться океани, естуарії, прибережні зони, коралові рифи, характеризуються високою і надто високою солоністю води (до 35-42 г/л солей).

Океани грають ключову роль у збереженні життя на Землі. Близько 97% води планети зосереджено в океанах. Як приймачі всіх поверхневих вод, океани розріджують відходи людської діяльності до менш небезпечних рівнів. Вони перерозподіляють сонячне тепло шляхом циркуляції і випаровування, як частини гідрологічного циклу, а також відіграють важливу роль в інших біогеохімічних циклах. Це гігантське сховище розчиненого кисню, діоксиду карбону, що допомагає регулювати склад повітря і температуру атмосфери. Океани забезпечують екологічні ніші для 250000 видів морських рослин і тварин, які є їжею для багатьох наземних організмів, включаючи людей, а також служать джерелами заліза, фосфатів, нафти, природного газу і багатьох інших ресурсів, що використовуються людьми.

Кожен океан може бути поділений на дві основні зони: прибережну зону і відкритий океан.

**Прибережна зона** - це відносно мілка, тепла і збагачена на поживні речовини зона, яка займає поверхню від урізу води до межі континентального шельфу. Вона становить менше ніж 10% загальної поверхні океанів, але містить 90% всього рослинного і тваринного життя океану. В цій зоні відбувається і найбільш інтенсивна господарська діяльність людей, перш за все рибальство.

Прибережні зони океанів в теплих тропічних і субтропічних широтах часто містять коралові рифи, що в основному складаються з карбонату кальцію, який продукують фото синтезуючі водорості і невеликі коралові тварини. Коралові рифи підтримують життя якнайменше третини всіх видів морських риб, а також багатьох інших морських організмів.

**Естуарії** розташовані впродовж берегової лінії океанів в місцях впадання річок в моря чи океани. Вони визначаються як ділянки, які є перехідними зонами між поверхневими водами суші та морями. В екологічному відношенні естуарії є перехідними зонами життя прісноводних і морських угруповань гідробіонтів. Вони населені організмами, які потребують меншої солоності води, ніж організми відкритого океану.

**Відкритий океан.** Різне збільшення глибини води на краю континентального шельфу визначає відділення прибережної зони від відкритого моря. Ця морська зона становить близько 90% загальної поверхні океану, але містить менше 10% його рослин і тварин. Первинна біопродуктивність цієї зони, разом з пустелями і арктичною тундрою, є

найнижчою серед екосистем Землі, тому що сонячне світло проникає тільки у поверхневий шар морської води, а поживні речовини сконцентровані на дні океану, тобто на великій глибині. Умовно існує три вертикальних зони життя відкритого океану. Близько 98% видового складу живих організмів океану (переважно бактерій-редуцентів) зосереджено в третій, найбільш глибокій зоні. За відсутності сонячного світла деякі з організмів виживають за рахунок процесів хемосинтезу. В свою чергу, на великій глибині, 10 км і більше, бактерії підтримують життя деяких видів тварин, що мають в цих умовах аномально великі розміри (черв'яки, молюски, краби та інші).

Встановлено, що середня біологічна продуктивність всіх екосистем Землі становить 0,3кг/м за рік, тобто на нашій планеті за площею переважають низькопродуктивні екосистеми пустель і відкритих океанів.

### **6. Загальні принципи стійкості екосистем та їх саморегуляція.**

У 1884 році французький хімік А. Ле Шательє сформулював принцип (пізніше він отримав ім'я вченого), відповідно до якого будь-які зовнішні впливи, що виводять систему зі стану рівноваги, викликають у цій системі процеси, що намагаються послабити зовнішній вплив та повернути систему в початковий рівноважний стан. спочатку вважалося, що принцип Ле Шательє можна застосовувати і до простих фізичних та хімічних систем. Пізніше дослідження показали, принцип Ле Шательє можна застосувати і до таких великих систем як популяції, екосистеми і навіть до біосфери. Так, наприклад, принципу Ле Шательє підпорядковується екосистема Світового океану. Його біота поглинає до половини вуглекислого газу атмосфери і тим компенсує підвищене надходження антропогенного вуглекислого газу. Але біота суходолу вже виведена зі стану, коли вона підпорядковувалася цьому принципу, і в наш час наземні екосистеми в сумі виділяють більше вуглекислого газу, ніж в доантропогенну еру.

Стійкість організмів, популяцій або екосистем проявляється у самому факті їхнього існування протягом тривалого часу. Але біосистеми не існують вічно. Смерть окремих особин і вимирання видів є природним процесом. У ході еволюції, коли певні види вимирають та їм на зміну приходять інші, більш пристосовані до умов існування, видове різноманіття біосфери зростає. Інша справа, коли вимирання організмів та руйнування екосистем іноді стають наслідком катастрофічних природних або антропогенних порушень (виверження вулканів, повені і т.п.).

Іноді популяції та види знищуються людиною безпосередньо, а можуть знищуватися опосередковано, коли під впливом антропогенної діяльності середовище змінюється таким чином, що стає повністю непридатним для існування будь-якого організму. Таке опосередковане знищення біологічного різноманіття людиною в сучасну епоху є основним. Заборона мисливства, наприклад, не спасає від вимирання сокола-сапсана тоді, коли повністю зруйновані його місця проживання та знищена природна кормова база.

Для оцінки стійкості екосистем та біосфери щодо природних катастроф та антропогенних порушень слід застосувати поняття про екологічний резерв екосистеми, що було введено Ю. А. Израелем (1989).

Екологічний резерв екосистеми - це різниця між гранично допустимим відхиленням та фактичним станом екосистеми. Вона вказує на розміри тієї буферної зони, в межах якої можливі зміни, що не руйнують екосистему.

У ході еволюції, коли певні види організмів вимирають та їм на зміну приходять інші, більш пристосовані до умов існування, видове різноманіття екосистем і біосфери в цілому зростає.

Стійкість екосистем в значній мірі пов'язана з рівнем їхньої еволюційної просунутості. Існує думка, що еволюційно більш молоді та прогресивні екосистеми складної організації зі значними ресурсами питомої вільної енергії мають підвищену стійкість. Знижується стійкість екосистеми при спрощенні їхньої структури. В основі стійкості екосистем і біосфери в цілому лежить широкий комплекс механізмів та їх структурних особливостей. Головний фактор стійкості екосистем - це наявність в ній живої матерії. Саме вона визначає перевагу синтезу та структурування над процесами розпаду. Надає стійкості екосистемі різноманітність форм життя. Стійкість екосистем залежить від стійкості організмів та популяцій, які до неї входять. Стійкість організмів та популяцій проявляється у їх здатності до самопідтримки та збереження в умовах несприятливих зовнішніх впливів. Основою стійкості живих організмів є їх здатність до адаптації. Адаптація може бути визначена як відповідність між організмом та його середовищем.

В епоху глобального антропогенезу особливо важливе значення отримала стійкість живих істот до різного роду хімічних речовин, які в природному середовищі відсутні. Звісно отрута є і в природі, але живі організми вже давно та поступово адаптувалися до них. Інша справа з ксенобіотиками. Так називають хімічні сполуки, що є прямим чи опосередкованим наслідком господарської діяльності людини та які не можуть бути використані живими організмами для отримання енергії або побудови свого тіла. Число таких ксенобіотиків величезне. Проте за рахунок переадаптації живі організми здатні протистояти їхньому шкідливому впливу. На рівні організму в усіх живих істот є декілька способів захисту від ксенобіотиків:

а) у людини є розумова діяльність, що дозволяє розпізнати ксенобіотики та уникати їх;

б) у всіх тварин та людей є гормональна система, що розпізнає ксенобіотики, які вже потрапили до організму;

в) на рівні клітин у рослин та тварин є мембранні бар'єрні механізми, що запобігають проникненню ксенобіотиків у середину клітини;

г) усі живі організми мають ферменти, здатні руйнувати більшість ксенобіотиків;

д) у тілі живих організмів є депо, куди направляються шкідливі речовини для запобігання впливу на активний обмін речовин;

е) у ряді випадків рослини та тварини мають внутрішньоклітинні та тканинні транспортні системи виведення ксенобіотиків з організму.