**Екосистеми, їх структура та властивості**

***Екосистема*** – *сукупність організмів різних видів та середовища їхнього існування, що пов'язані обміном речовини, енергії та інформації.* Домашній акваріум, озерце край села, степовий вибалок, лісовий масив, кабіна космічного корабля, ціла наша планета – все це екосистеми єдиної біосфери. Поняття "екосистема" запропонував у 1935 році А. Тенслі. Функціонування екосистеми забезпечує "внутрішній" біологічний колообіг речовин між абіотичною та біотичною частинами. Екосистеми є *відкритими біосистемами,* і тому для існування в часі потрібні "зовнішні" потоки енергії, речовини та інформації в складі загального геологічного колообігу.

Близькими до екосистем є біогеоценози. *Біогеоценоз – це певна територія з однорідними умовами існування, населена взаємопов'язаними популяціями різних видів, об'єднаних між собою колообігом речовин та потоком енергії.* Поняття про біогеоценози введено В. М. Сукачовим (1940). Основою переважної більшості біогеоценозів є фотосинтезуючі організми, які утворюють рослинні угруповання. Біогеоценоз, на відміну від екосистеми, є конкретнішим, територіальним поняттям, бо він займає обмежену ділянку з однорідними умовами існування та з певним фітоценозом (рослинним угрупованням).

В екосистемі виділяють біотичну й абіотичну частини. Біотична частина екосистеми є сукупністю взаємопов'язаних живих організмів, які утворюють біоценоз. *Біоценоз – угруповання взаємопов'язаних між собою популяцій організмів різних видів, які населяють ділянку місцевості з однорідними умовами існування.* Це поняття запропонував німецький гідробіолог К. Мьобіус. Основою біоценозів є *фітоценози* (рослинні угруповання), з якими пов'язані зооценози (угруповання тварин) і мікробіоценози (угруповання мікроорганізмів). Біоценози існують на певній ділянці середовища, яка називається *біотопом.*

Біотичну частину екосистеми складають різні екологічні групи організмів, об'єднані між собою просторовими і трофічними зв'язками – продуценти, консументи та редуценти.

* • ***Продуценти****– популяції автотрофних організмів, здатних синтезувати органічні речовини з неорганічних.* Це зелені рослини, ціанобактерії, фотосинтезуючі та хемосинтезуючі бактерії. У водних екосистемах основними продуцентами є водорості, а на суші – насінні рослини.
* • ***Консументи****– популяції гетеротрофних організмів, які живляться безпосередньо або через інші організми готовою органічною речовиною, синтезованою автотрофами.* Розрізняють *консументи* / *порядку* (гетеротрофні рослиноїдні організми (фітофаги), паразити рослин) та *консументи // і наступних порядків* (гетеротрофні організми, які живляться рослиноїдними формами (хижаки), паразити тварин, а також сапрофаги).
* • ***Редуценти****– популяції гетеротрофних організмів, які в процесі життєдіяльності розкладають мертві органічні речовини до мінеральних, котрі потім використовуються продуцентами.* Це гетеротрофні сапрофітні організми – бактерії та гриби, які виділяють ферменти на органічні рештки і поглинають продукти їх розщеплення. У процесах розкладу органічних сполук беруть участь *детритофаги* (споживають подрібнену органіку, наприклад, дощові черв'яки, личинки мух), *копрофаги* (поїдають послід тварин і людини, наприклад, жуки-гнойовики), *некрофаги* (поїдають трупи тварин, наприклад, жуки-гробарики).

До складу *абіотичної частини* біогеоценозу входять такі компоненти:

■ ***неорганічні речовини****–* сполуки, які включаються в біогенну міграцію речовин (наприклад, СO2, O2, азот, вода, сірководень та ін.);

■ ***органічні речовини****–* сполуки, які зв'язують між собою абіотичну й біотичну частини екосистеми;

■ ***мікроклімат; або кліматичний режим****–* сукупність умов, які визначають існування організмів (освітленість, температурний режим, вологість, рельєф місцевості тощо).

Основними властивостями екосистем є: цілісність, самовідтворення, стійкість, саморегуляція та ін.

*Взаємозв'язки між популяціями в екосистемах*

Склад і структура угруповань, їх стійкість і зміна залежить від складних взаємозв'язків між популяціями різних видів. Виділяють такі типи зв'язків між окремими популяціями різних видів у екосистемах:

■ ***прямі****–* безпосередньо зв'язують дві популяції (хижак і здобич, паразит і хазяїн);

■ ***непрямі****–* популяція одного виду впливає на популяцію іншого опосередковано, через популяції третього (хижаки, поїдаючи здобич, впливають на популяції рослин);

■ ***трофічні****–* це зв'язки живлення (хижак – здобич);

■ *топічні* – це просторов" зв'язки (орхідеї на стовбурах дерев);

■ *антибіотичні взаємозв язки* (хижацтво, конкуренція, виїдання) – кожна із взаємодіючих популяцій різних видів відчуває негативний вплив іншої;

■ *нейтральні взаємозв'язки* – існування на спільній території популяцій різних видів не спричиняє для кожної з них ніяких наслідків (хижаки різних видів);

■ *симбіотичні взаємозв'язки* (мутуалізм, коменсалізм, паразитизм) – усі форми співіснування організмів різних видів (бульбочкові бактерії та бобові рослини).

В 1944 р. Сукачовим введений термін біогеоценоз.

Біогеоценоз - це сукупність на певному просторі земної поверхні однорідних природних явищ (атмосфери, ґрунту, кліматичних умов, рослинного, тваринного світу), поєднаних обміном речовин і енергії в єдиний природній комплекс.

Отже, під біоценозом розуміють стійку систему сумісно існуючої біоти (автотрофних і гете­ротрофних організмів). Таким чином, біоценоз - це конкретна сукупність живих організмів на певному просторі суші або акваторії. Цей простір з конкретними умовами місцезростання і є біотопом.

До складу біогеоценозу входять біотоп та біоценоз.

Біотоп - однорідний за абіотичним факторами простір середовища, зайнятий біоценозом (тобто місце життя видів, організмів).

Біоценоз - це конкретна сукупність живих організмів на певному просторі суші або акваторії, що називається біотопом.

Необхідність введення поняття біогеоценоз викликана тим, що екологічна система не має просторової прив'язки (екосистемою може бути корова із мікроорганізмами, що паразитують на її тілі). Біогеоценоз - це завжди визначена окрема ділянка біосфери. З цієї точки зору біогеоценоз можна розглядати як окремий випадок, або один з видів екосистеми, який має чітку територіальну прив’язку. Поняття “біоценоз“ - умовне, оскільки поза середовищем існування організми жити не можуть, але ним зручно користуватися у процесі вивчення екологічних зв’язків між організмами.

Часто екосистему ототожнюють з біогеоценозом. І.Дедю вважає, що категорії екосистема та біогеноценоз збігаються на рівні рослинної сукупності й принципово різняться лише вище і нижче цього рівня.

Угруповання і неживе середовище функціонують разом як екологічна система (екосистема). Угрупованню відповідає термін біоценоз, а екосистемі - біогеоценоз. Таким чином накладаються не тільки два терміни - екосистема (запропонований А.Тенслі) і біогеоценоз (запро­понований В.М.Сукачовим), а й два дещо різних підходи. Екосистемою, наприклад, може бути, за широким трактуванням західних учених, і оке­ан, і крапля води. В уявленні В.М.Сукачова, біогеоценоз - це екосисте­ма в межах конкретного фітоценозу (рис. 1).



Рис.1. Схема будови біогеоценозу (за В.М.Сукачовим)

З екологічної точки зору критеріями виділення біоценозів і біогеоценозів є видовий склад флори і фауни, часова тривалість системи та просторових меж. Угруповання можна назвати біоценозом лише тоді, коли воно відповідає таким критеріям (Тrojan, 1978):

1. Має характерний видовий склад. Існує дві характерні групи видів:

а) домінантні види, які творять зовнішній вигляд біоценозу (очеретовий, сосновий, ковиловий, сфагновий, вересковий), причому кожен з них має свою особливу, неповторну зовнішність;

б) субдомінантні види, які хоч і не виділяються так виразно, як перша група, але своєю присутністю віддзеркалюють умови місце­зростання. Характерні види вказують на ці специфічні умови середо­вища, хоча часто не є видами-домінантами. Наприклад, коли ми згадує­мо про барвінок, то бачимо діброву, в якій домінує дуб.

2. Має необхідний набір видів. Біоценоз є системою, в межах якої реалізується обіг матерії й енергії, який здійснюється між компонента­ми біоценозу і середовища. Тому біоценозом може називатися лише така система, яка містить усі елементи, необхідні для реалізації обігу матерії, - передусім продуценти, консументи, редуценти. Всі групи організмів забез­печують те, що ми називаємо повночленністю біоценозу. Відсутність окремих членів у тій чи іншій системі не дає права називати її біоцено­зом, а лише частиною біоценозу, або ж неповночленним біоценозом.

3. Характеризується певною тривалістю в часі. Біоценоз з його видовим складом є системою стійкою і довговічною, однак його мешканці мають різну тривалість життя. Наприклад, у мікробів вона триває хвилини, в дрібних безхребетних - дні, в крупних - роки, а лісові дерева живуть сотні років. Окремі біоценози тропічних лісів вирізняються геологічною історією, тоді як на місцях згарищ чи евтрофних озер роз­виваються цілком юні біоценози.

4. Має свою територію і межі. Простір, на якому функціонує окре­мий біоценоз, вирізняється однорідністю й особливістю умов біотопу. Малі біоценози можуть існувати на кількох метрах квадратних (джерело з його особливим тваринним і рослинним світом), тоді як діброви україн­ського Чорного лісу, наприклад, простяглись на сотні квадратних кіло­метрів зі сходу до заходу. Головним у визначенні межі біоценозу є повночленність і реалізація обігу матерії.

Виділити межі між двома біоценозами нескладно, якщо їх абіотичні та біотичні чинники помітно відрізняються (озеро і лука, ліс і поле, болото і лука річної заплави). Однак і в межах цих біоценозів, якщо уважніше їх дослідити, можна побачити дрібніші повночленні утворен­ня. Найчастіше межі біоценозу визначаються з урахуванням характер­них життєвих форм (дерева, чагарники, лісові, лучні чи степові трави), тобто членуванням фітоценозу. Складність у вивченні біоценозів полягає в тому, що тваринні організми можуть мігрувати у сусідні фітоценози і тому не можна стверджувати, що певному рослин­ному угрупованню обов'язково відповідає якесь одне угруповання тва­рин. Одне рослинне угруповання може служити кормовою базою для кількох видів консументів, і навпаки, один вид тварин може годуватися в декількох різнотипних рослинних угрупованнях. Тому вивчення біоценозів вимагає глибоких досліджень не лише флори і фауни, але і функціонування окремих чинників біоценотичної системи. Протягом останніх десятиріч дедалі частіше вживається термін “агроценоз”.

Стуктура біоценозу в межах екосистеми може підрозділятися на такі види.

1.Видова структура:

· фітоценози;

· зооценози;

· мікроценози.

Видове різноманіття є одним з основних показників структури біоценозу.

2.Просторова структура

Видові популяції у складі екосистем (або біогеоценозів) розташовуються як по площині (горизонтально), так і по вертикалі. Завдяки цьому система завжди займає трьохмірний простір.

Наприклад, лісові фітоценози вертикально структуровані за ярусністю:

· Перший ярус – ґрунтова, листяна підстилка, лишайники, водорості.

· Другий ярус – низькорослі трави, мохи.

· Третій ярус – високорослі трави, напівкущики.

· Четвертий ярус – кущі.

· П’ятий ярус – середньо рослі дерева.

· Шостий ярус – високорослі дерева.

Горизонтальна структура обумовлена мозаїчністю і пов’язана з нерівномрним розподілом популяцій по площині.

Просторова структура обумовлює виникнення топічних зв’язків між організмами, - це боротьба за місце поселення та сховища.

З іншого боку, топічні зв’язки позитивно впливають на формування більш повночленних біоценозів (наприклад, крони дерев перехвачують більшу частину сонячної енергії, формуючи при цьому температурний та водний режим для інших рослин біоценозу).

3. Трофічна структура

Трофічна структура передбачає розподіл організмів на продуценти, консументи та редуценти, які в конкретних екосистемах формуються за рахунок популяцій багатьох видів.

Продуценти (автотрофи, виробники) - це організми, що створюють (продукують) органічну речовину з неорганічної (води, вуглекислого газу та мінеральних солей) за рахунок сонячної енергії в процесі фотосинтезу. Утво­рена глюкоза (виноградний цукор), є вихідною речовиною для інших органічних спо­лук. Ці сполуки рослини використовують для підтримки обміну ре­човин та для побудови суб­станції власного тіла (фітомаса). При цьому енергія втрачається під час дихання та від­дачі тепла. Лише незначна частина світло­випромінювання - променевої енергії пере­творюється на хімічну енергію. Продуценти здатні самостійно створювати і забезпечувати себе органічною речовиною і виконують роль накопичувачів органічної речовини. До продуцентів належать зелені рослини.

Консументи (гетеротрофи) - це організми, що одержують енергію за рахунок харчування автотрофами чи іншими консументами. Вони залежать від автотрофів, оскільки для живлення потребують багатих на енергію речовин, щоб із них будува­ти субстанцію свого тіла(зоомаса). Гетеротрофи використовують енергію хімічних зв'язків органічних речовин, яка була акумульована автотрофами. Части­на енергії втрачається через дихання. Консументи розрізняють за порядками:

· консументи 1-го порядку - це росли­ноїдні тварини, наприклад рослиноїдні комахи.

· консументи 2-го порядку – поїдають консументів 1-го порядку (хижаки), наприклад ящірки, жаби, комахоїдні птахи тощо.

· консументи 3-го порядку – можуть живитися консументами 2-го порядку. Часто ними є хижі звірі, птахи.

Редуценти - це мікроорганізми, що розкладають органічну речовину продуцентів і консументів до простих сполук - води, вуглекислого газу, мінеральних солей, замикаючи таким чином колообіг речовин у біосфері; це – мікроорганізми (бактерії та гриби), які є гетеротрофнимидеструкторами. Їхню діяльність підтримують в екосистемі багато маленьких безхребетних тварин (рівноногі ракоподібні, кліщі, личинки комах):

· тварини-сапрофаги живляться мертвою органічною субстанцією;

· копрофаги поїдають тва­ринні екскременти, при цьому бактерії та гриби, які на них оселяються, становлять важливу частину харчування;

· некрофаги - мертвоїди.

Праця деструкторів закінчує колообіг речо­вин утворенням СО2, NН4, Н2S, СН4, Н2 та іонів, таких як РО43-,С1-, Na+, К+, Са2+ та ін.

Продуценти та деструктори самі створю­ють короткий колообіг. У довгому коло­обігу між ними знаходяться консументи.

Ланцюг живлення (трофічний ланцюг) - взаємовідносини між організмами під час переносу енергії їжі від її джерела (зеленої рослини) через ряд організмів (шляхом поїдання) на більш високі трофічні рівні;

або:

- ряди взаємопов'язаних видів, в яких кожний попередній є об'єктом живлення наступного, називають ланцюгами живлення.

Розрізняють ланцюги живлення різних типів. Тип ланцюга залежить від початкової ланки. Початковою ланкою в ланцюгах живлення можуть бути рослини, мертві рослини, рештки чи послід тварин. Наприклад:

Ø рослини - попелиці - дрібні комахоїдні птахи - хижі птахи;

Ø рослини – зайці – лисиці - вовки.

В даних випадках ряди починаються з рослин. До іншого типу рядів живлення належать ряди, що розпочинаються з посліду тварин з невикористаними запасами речовин:

Ø коров'ячий послід - личинки мух - комахоїдні птахи - хижаки.

Прикладом ланцюгів живлення, які починаються з рослинних решток, може бути:

Ø рослинний перегній - дощові черв'яки - кроти.

Кож­на з ланок ланцюга живлення може використати лише 5-15 % енергії харчів для побудови речовини свого ті­ла. Внаслідок неминучої втрати енергії кількість утво­рюваної органічної речовини в кожній наступній ланці зменшується. Таким чином, кожен ланцюг споживання містить, як правило, не більше 4-5 ланок, тому що вна­слідок втрати енергії загальна біомаса кожної наступ­ної ланки приблизно в 10 разів менша за попередню. Ця закономірність називається правилом екологічної піра­міди.

Екологічна піраміда буває трьох типів:

1) піраміда чисел - показує чисельність окремих організмів на кож­ному рівні, причому загальне число особин, що беруть участь у ланцюгах живлення, з кожною ланкою зменшу­ється;

2) піраміда біомаси - кількісне співвідношення органічної речовини; при цьому сумарна маса рослин виявляється більшою, ніж біомаса всіх травоїдних організмів, маса яких, у свою чергу, перевищує масу всіх хижаків;

3) піраміда енергії (продукції) - кількість енер­гії в харчах кожного рівня, причому на кожному наступному трофічному рівні кількість біомаси, що утворюєть­ся за одиницю часу, більша, ніж на наступному.

Основа в пірамідах чисел і біомаси може бути менша, ніж наступні рівні (залежно від співвідношення розмі­рів продуцентів і консументів). Піраміда енергії завжди звужується до верху.

Усі три правила пірамід - продукції, біомаси і чи­сел - виражають у підсумку енергетичне відношення в екосистемах. Перші два правила виявляються в угрупо­ваннях із певною трофічною структурою, останнє (піра­міда продукції) має універсальний характер.

Знання законів продуктивності екосистем і а кількіс­ний облік потоку енергії мають велике практичне значен­ня:

по-перше, первинна продукція агроценозів і природ­них угруповань - основне джерело харчування для людства;

по-друге, одержана за рахунок сільськогоспо­дарських тварин вторинна продукція не менш важлива, тому що містить тваринні білки.

Ефективність трофічних ланцюгів оцінюється величиною біомаси екосистеми та її біологічною продуктивністю.

Уміння точно розрахувати потік енергії і масштаби продукції екосистем дозволяє одержати найбільший ви­хід продукції, необхідної людині.