

Самостійна робота №3

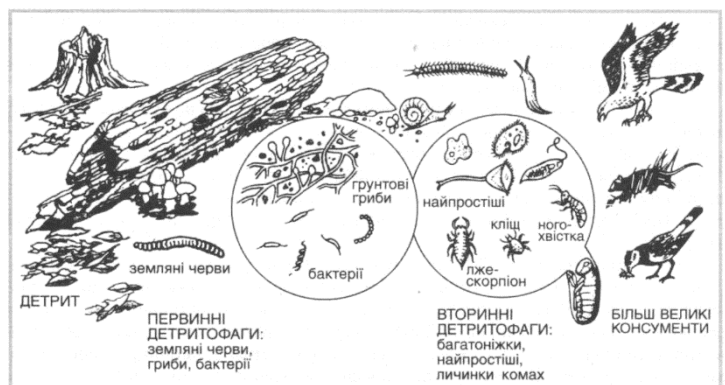
Тема : «Потік енергії та кругообіг поживних речовин у біогеоценозі (екосистемі)»

Організми в екосистемі пов'язані спільністю енергії і поживних речовин, необхідних для підтримки життя. Головним джерелом енергії для переважної більшості живих організмів на Землі є Сонце. Фотосинтезуючі організми (зелені рослини, деякі протисти, бактерії і ціанобактерії) безпосередньо використовують енергію сонячного світла. При цьому із вуглекислого газу і води утворюються складні органічні речовини, в яких частина сонячної енергії запасастся у формі хімічної енергії. Органічні речовини можуть потім служити джерелом енергії не лише для самої рослини, але й інших організмів біогеоценозу.

Основою біогеоценозу є автотрофні організми — **продуценти** (виробники), які, використовуючи сонячну енергію, створюють поживні речовини. Найважливішу роль відіграють вищі рослини, які, продукуючи органічні речовини, є в основі всіх трофічних ланцюгів біогеоценозу, субстратом для тварин і мікроорганізмів, активно впливають на мікроклімат біотопу. Готові органічні речовини використовують для отримання і накопичення енергії первинні та вторинні **гетеротрофи** (травоїдні і м'ясоїдні тварини) — **консументи**. Органічні залишки продуцентів і консументів розкладаються на простіші неорганічні сполуки гетеротрофними **редуцентами**, або **деструкторами**. Це мікроорганізми — бактерії, гриби, багато з протистів, а також тварини, що харчуються падаллю (наприклад, деякі комахи і черви). Таким чином, кожний живий організм у біогеоценозі займає певну екологічну нішу (місце) у складній системі екологічних взаємозв'язків з іншими організмами і чинниками неживої природи.

Функціональною основою будь-якого біогеоценозу є трофічні і супутні їм енергетичні зв'язки. У ньому постійно відбувається перенесення речовин і енергії, які містяться в їжі, створеній переважно рослинами. Перенесення потенційної енергії їжі, створеної рослинами, через ряд організмів шляхом поїдання одних видів іншими називається **ланцюгом живлення**, або **харчовим ланцюгом**, а кожна його ланка — **трофічним рівнем**. Перший трофічний рівень утворюють продуценти (рослини), другий — первинні консументи (травоїдні тварини), третій — вторинні консументи (м'ясоїдні тварини та паразити). Оскільки кожний організм має декілька джерел живлення і сам є продуктом живлення для інших численних організмів з одного й того ж або навіть з різних харчових ланцюгів (всеїдні організми, наприклад, людина, ведмідь, горобець споживають як продуцентів, так і консументів, тобто живуть на різних трофічних рівнях), ланцюги живлення багаторазово розгалужуються і переплітаються у складні харчові мережі.

Існують два основні типи харчових ланцюгів — **пасовищні** (ланцюги виїдання, або споживання) і **детритні** (розкладання). **Пасовищні** ланцюги починаються з продуцентів: конюшина — кролик — вовк; фітопланктон (автотрофні протисти) — зоопланктон (гетеротрофні протисти) — плітка — щука — скопа. **Детритні** ланцюги починаються від рослинних і



Харчовий ланцюг, що починається з детриту

тваринних решток, екскрементів тварин — детриту, ідуть до мікроорганізмів, які ними харчуються, а потім до дрібних тварин (детритофагів) та їх споживачів — хижаків. Детритні ланцюги найбільш поширені у лісах, де велика частина (майже 90 %) щорічного приросту біомаси рослин не споживається безпосередньо травоядними тваринами, а відмирає, піддаючись потім розкладанню (сапро-трофними організмами) і мінералізації. Типовим прикладом детритного харчового зв'язку наших лісів є: *листова підстилка — дощовий черв'як — чорний дрізд — яструб малий*. Окрім дощових черв'їв, детритофагами є мокриці, кліщі, ногохвости, нематоди та ін.

Потік енергії, екологічні піраміди (чисел, біомаси, енергії).

Харчові мережі у кожному біогеоценозі мають добре виражену структуру. Вона характеризується кількістю, розміром і біомасою на кожному рівні ланцюга живлення. Для пасовищних харчових ланцюгів характерне збільшення розмірів особин при одночасному зменшенні щільності популяцій, швидкості розмноження і продуктивності їх біомаси. Зниження біомаси при переході з одного харчового рівня на інший обумовлене тим, що далеко не вся їжа асимілюється консументами. Так, у кишечнику гусені, котра харчується листям, всмоктується лише половина рослинного матеріалу, решта виділяється у вигляді екскрементів. Крім того, велика частина енергії поживних речовин, що всмоктуються в кишечнику, витрачається на дихання і лише 10-15 % використовується на побудову нових клітин і тканин. З цієї причини продукція організмів кожного наступного трофічного рівня завжди менша у середньому до 10 разів за продукцію попереднього, тобто маса кожної подальшої ланки ланцюга живлення прогресивно зменшується. Ця закономірність має назву *правила екологічної піраміди*. Розрізняють три типи екологічних пірамід:

- піраміда чисел — відображає чисельність окремих організмів на кожному рівні;
- піраміда біомаси — кількість органічної речовини, синтезованої на кожному з рівнів;
- піраміда енергії — величина потоку енергії.

Піраміда енергії завжди звужується догори, а піраміди чисел і біомаси можуть бути оберненими (або частково оберненими), тобто основа може бути меншою, ніж один чи кілька верхніх рівнів. Так буває, якщо середня маса продуцентів менша від маси консументів або якщо швидкість метаболізму продуцентів більша, ніж консументів. У наземних екосистемах зменшення кількості доступної енергії звичайно супроводжується зменшенням біомаси та чисельності особин на кожному харчовому рівні. Внаслідок таких великих втрат енергії ланцюги живлення не можуть бути дуже довгими; звичайно вони складаються з 3-5 ланок (трофічних рівнів).



Два типи звичайних пірамід чисельності (А і Б) та обернена піраміда (В)

Цілісність біогеоценозів визначається їх найважливішою властивістю — самовідтворенням. Живі організми харчуються, ростуть, розмножуються,

використовуючи енергію, одержану з середовища проживання. У свою чергу живі організми у процесі життєдіяльності відтворюють своє місце існування.

Рівновага, яка виникає між організмами і середовищем існування в біогеоценозі, є умовою стійкості екосистеми. На рівні екосистем набір видів, форми і взаємодії між популяціями різних видів, трофічні зв'язки відображають пристосованість організмів до умов середовища і спрямовані на стійку підтримку кругообігу речовин в даних умовах.

У стійких екосистемах відбувається природний процес саморегуляції. **Саморегуляція** — це властивість екосистеми автоматично встановлювати і підтримувати на певному рівні чисельність популяцій, співвідношення статей, народжуваність і смертність та ін. У основі підтримки відносно стабільної чисельності популяцій є трофічні зв'язки в харчових мережах (наприклад, «хижак — жертва», «паразит — хазяїн»).

Масове розмноження видів в екосистемі регулюється за допомогою прямих і зворотних зв'язків, що формуються в харчових ланцюгах. За сприятливих погодних умов дуже збільшується біомаса рослин — відповідно і трав'яїдних тварин. Трав'яїдними харчуються хижаки, а чим більше їжі, тим чисельнішим є потомство хижаків, їх масовий розвиток призводить до різкого зниження числа жертв і врешті-решт призводить до зниження числа хижаків. Так відновлюється рівновага у системі «хижак — жертва».

Стійке угруповання є *рівноважним*. Це означає, що сумарна продукція автотрофних організмів в енергетичному вираженні точно відповідає енерговитратам, потрібним для забезпечення життєдіяльності організмів, що входять до угруповання. Тому біомаса у такій системі залишається сталою, а сама система — врівноваженою.

Сукупність всіх біогеоценозів (екосистем) нашої планети створює біосферу — гігантську глобальну екосистему.

На відміну від речовини, яка циркулює по колу, **енергія в екосистемі не колообертається, а рухається в одному напрямку — у вигляді односпрямованого потоку**. Цей процес підпорядковується законам термодинаміки:

1. **Перший закон:** Енергія не зникає і не створюється з нічого, вона лише переходить з однієї форми в іншу (наприклад, світлова енергія Сонця трансформується у хімічну енергію зв'язків органічних речовин).
2. **Другий закон (закон Ліндемана / правило 10%):** Перехід енергії з одного трофічного рівня на інший відбувається з низькою ефективністю. Лише близько 10% енергії переходить на наступний рівень, а 90% розсіюється у вигляді тепла.

Ця закономірність графічно відображається у вигляді **екологічних пірамід**:

- *Піраміда чисел* показує зменшення кількості особин на кожному наступному рівні.
- *Піраміда біомаси* демонструє сумарну вагу організмів на кожному етапі ланцюга.
- *Піраміда енергії* відображає кількість енергії, що проходить через кожен рівень за одиницю часу, і вона завжди має класичний звужений догори вигляд.