

### 3 ЕКОСИСТЕМОЛОГІЯ

#### 1. Системний підхід в екології.

Екосистемологія — розділ сучасної екології. Принципи системного аналізу дають можливість комплексного та всебічного підходу до з'ясування складних взаємовідносин, наявних у біогеоценозі. Особливо важливий системний аналіз для дослідження механізмів функціонування складних біологічних систем на всіх рівнях їх організації.

Із середини ХХ століття поняття «система» (від грецького *systema* — ціле, складене з частин) стає одним із ключових філософсько-методологічних і спеціально-наукових понять.

М. А. Голубець (2000) виділив розділ екології — екосистемологію (об'єкт досліджень — екосистеми різних рангів організації від консорції до біосфери). Щоправда, це поняття в системології склалося ще не повністю, і багато дослідників, трактуючи його, вводять у визначення свої критерії. Традиційним є наступне визначення: система — це сукупність елементів, які взаємодіють між собою і створюють нову якість. Слід відразу відзначити відносність цього визначення. Практично завжди елемент системи внаслідок ієрархічної структури світу сам є системою зі своїми елементами. Система ділить світ на дві частини: систему та середовище. При цьому сила зв'язків елементів усередині системи є більшою, ніж між елементами та середовищем їх існування.

Проте наведене визначення не є конкретним, на основі якого можна класифікувати системи. Це визначення загального характеру. Підтвердженням цьому може бути класифікація степової рослинності за домінантним принципом.

За цим принципом угруповання зі схожим флористичним складом і схожою взаємодією видів можуть бути віднесені не тільки до різних асоціацій, а й до різних формацій (овсецево-степово-м'ятликова і степово-м'ятликово-залісько-ковилова) залежно від того, який вид домінує в угрупованні. У випадку домінування вид виступає як основа композиції, що дозволяє виділити та встановити межі різних систем рослинних угруповань. Вибір іншого закону композиції (наприклад, флористичних критеріїв) дає можливість об'єднати ті самі об'єкти в іншу систему.

Знання законів композиції під час визначення меж систем та для теоретичних узагальнень має велике значення, особливо при побудові теорії даного класу систем. Формалізація законів композиції сприяє коректному визначенню «сильніших» відносин між елементами системи порівняно з відносинами з іншими елементами або системами.

Кожна система визначається певною структурою (елементи та взаємозв'язки між ними, їх властивості) та поведінкою (зміни системи в часі).

Для системології ці поняття є такими ж фундаментальними, як «простір» і «час» для фізики. У системології під структурою розуміється інваріантна в часі фіксація зв'язків між елементами системи, що відображають певні властивості, і формалізується, наприклад, математичним поняттям «графа». Під поведінкою системи розуміється її функціонування в часі. Зміни структури системи в часі можна розглядати як її сукцесію, або еволюцію. Розрізняють неформальну структуру системи (як елементи цієї структури фігурують «первинні» елементи, аж до атомів) і формальну структуру (як елементи цієї структури фігурують системи нижчого ієрархічного рівня).

Складність системи на «структурному рівні» задається кількістю її елементів і зв'язків між ними.

Визначити, що таке «складна система» на «поведінковому рівні», представляється реалістичнішим. Б.С. Флейшман запропонував п'ять принципів ускладнення поведінки систем.

На **першому рівні** знаходяться системи, складність поведінки яких визначається лише законами збереження в рамках балансу речовини та енергії (наприклад, камінь, що лежить на дорозі); такі системи вивчає класична фізика.

На **другому рівні** розташовуються системи зі складнішою поведінкою. Для них справедливі закони першого рівня, але їх особливістю є наявність зворотних зв'язків, що і обумовлює складнішу поведінку; функціонування таких систем вивчає кібернетика. Принцип гомеостазу зберігається для всіх систем цього рівня.

Ще складнішою поведінкою характеризуються системи **третього рівня**: вони складаються з речовини та енергії, мають зворотні зв'язки, але їх особливістю є здатність «приймати рішення», тобто здатність здійснювати деякий вибір (випадковий, оптимальний або інший) з ряду варіантів поведінки («стимул — реакція»).

Системи **четвертого рівня** виділяються за здатністю здійснювати перспективну активність або проявляти випереджувальну реакцію («реакція — стимул»). Цей тип поведінки виникає на рівні біосистем, складніших, ніж найпростіші, але ще не таких, які мають інтелект. Рівень їх складності має перевершувати рівень складності середовища, і вони повинні мати достатньо могутню пам'ять (наприклад, генетичну). «Пам'ятаючи» результати своїх взаємодій із середовищем до даного моменту часу і «покладаючись» на те, що «завтра буде приблизно те саме, що і сьогодні», такі біосистеми можуть заздалегідь підготувати свою реакцію на можливий майбутній вплив середовища. Для особин цей принцип відомий як ефект перспективної активності, для популяцій — як ефект преадаптації. В останньому випадку гарним прикладом може слугувати «дзвоноподібний» характер розподілу чисельності популяції уздовж деякого градієнта середовища: значна частина популяції, близька до модального класу, «пам'ятає» про типові зміни даного чинника, крайні (нечисленні) класи — про різкіші та значніші зміни.

Нарешті, вищий (на сьогоднішній день) — **п'ятий рівень** складності об'єднує системи, пов'язані поведінкою інтелектуальних партнерів, засновані на міркуваннях типу: «він думає, що я думаю» і так далі (класичний приклад — шахова партія та розрахунок суперниками можливих варіантів її розвитку). Мабуть, для екології цей тип поведінки не має безпосереднього відношення, але він стає визначальним при раціональному природокористуванні та особливо при врахуванні соціальних аспектів взаємодії «людина — природа», тобто для соціосистемології (Голубець, 2005).

Системи, що включають в якості хоча би однієї підсистеми систему, що має здатність до вирішення завдання (поведінці якої властивий акт рішення), називатимемо складними (системи 3-5-го рівнів; такі системи вивчає системологія).

Прагнення системи досягти властивого для неї стану називатимемо цілеспрямованою поведінкою, а цей стан — її метою.

## **2. Екосистема – основний об'єкт екології.**

Концепція екосистем за Ю. Одумом є провідною у сучасній екології — саме на вивченні властивостей структури та динаміки екосистем мають бути сконцентровані зусилля екологів. Із цієї точки зору слід проаналізувати ряд визначень природних об'єктів, які, на думку дослідників, можуть претендувати на роль основних об'єктів, що вивчає екологія.

За визначенням Ю. Одума, екосистемою є будь-яка одиниця, що включає всі спільно функціонуючі організми на даній ділянці і взаємодіє з фізичним середовищем таким чином, що потік енергії створює чітко визначені біотичні структури та кругообіг речовини між живою та неживою частинами (Одум, 1976).

Подальший розвиток уявлень про екосистему та біогеоценоз привів до класифікації екосистем, де біогеоценоз є окремим ступенем організації екосистем, який маркується фітоценозом (Голубець, 2005). Біогеоценоз — екосистема в межах конкретного фітоценозу.

Поряд із визначенням екосистеми в країнах колишнього СРСР екологи широко використовували поняття «біогеоценоз». Цей тип біотичної системи вперше виділив В.М. Сукачов. За його визначенням, біогеоценоз — сукупність на певній ділянці земної поверхні однорідних природних ланок (атмосфери, гірської породи та гідрологічних умов), що має свою особливу специфіку взаємодії компонентів, із яких вона складається, тип обміну речовиною та енергією між собою та іншими явищами природи і являє собою внутрішню діалектичну єдність, що знаходиться в постійному русі, розвитку (Сукачѳв, 1964).

Всі розглянуті об'єкти є системами взаємодіючих біоценотичних і екологічних складових, а відмінності спостерігаються лише у визначенні меж цих систем у природі.

Все це змушує розглядати поняття «екосистема» у визначенні Ю. Одума як основний об'єкт екологічного дослідження. І нижню межу екосистеми можна встановити за наявністю біогенного кругообігу речовин.

### **3. Біогеохімічні цикли.**

#### 1. Обмінний та резервний фонди.

Відомо, що з понад 90 хімічних елементів, які зустрічаються в природі, живим організмам необхідні 30 – 40. Деякі з них (вуглець, водень, азот) потрібні в значних кількостях, а інші в невеликих і навіть в незначних. Але, незалежно від потреб, всі ці речовини беруть участь в біогеохімічних кругообігах.

Біогеохімічний кругообіг має вигляд кола, спрямованого від автотрофів до гетеротрофів і навпаки. В природі елементи майже ніколи не поділяють рівномірно по всій екосистемі та знаходяться скрізь в різній хімічній формі. На шляху між гетеротрофами та автотрофами елементи надходять в резервний фонд – велика маса речовин, що рухаються повільно і переважно не пов'язаних з організмами. На відміну від нього, обмінний фонд – це швидкий обмін речовин між організмами та їх безпосереднім оточенням (має вигляд кола).

Залежно від природи резервного фонду виділяють два основних типи біогеохімічних кругообігів:

- 1) кругообіг газоподібних речовин з резервним фондом в атмосфері та гідросфері;
- 2) осадовий цикл з резервним фондом в земній корі.

Резервні фонди атмосфери та гідросфери легко доступні, тому вони є достатньо стійкими. Осадові цикли, в яких участь беруть фосфор та залізо, менш стабільні, бо підпадають впливу різноманітних місцевих змін. Через те, що переважна кількість речовин зосереджена в малоактивному та малорухливому резервному фонді земної кори, частина матеріалу, що обмінюється виходить з кругообігу.

Обмінний фонд утворюється за рахунок речовин, які повертаються до кругообігу двома основними шляхами:

- 1) внаслідок первинної екскреції тваринами;
- 2) при розкладенні детриту мікроорганізмами.

Якщо обидва шляхи реалізують в одній екосистемі, то перший переважає там, де основний потік енергії іде через пасовищний поживний ланцюг (планктон тощо), а другий – через детритний поживний ланцюг (степ, ліс тощо).

#### 2. Моделі кругообігу.

Будь-яку екосистему можна уявити у вигляді ряду блоків, через які проходять різні матеріали і в яких ці матеріали можуть залишатись на певний час. В кругообігу мінеральних

речовин, як правило, беруть участь три активних блоки: живі організми, мертвий органічний детрит та доступні неорганічні речовини. Два додаткових блоки – органічні речовини, які осідають, та посередньо доступні неорганічні речовини – пов'язані з кругообігами біогенних елементів у певних периферійних ділянках загального циклу. Але обмін між цими блоками та іншою екосистемою загальмований порівняно з іншими блоками.

Процеси асиміляції та розпаду, завдяки яким відбуваються кругообіги біогенних елементів, тісно пов'язані з поглинанням та вивільненням енергії організмами. Критичними моментами біогеохімічних циклів є захоплення (рівень продуцентів) та повернення (рівень редуцентів) речовин з фізичного середовища. Вони пов'язані з реакціями відновлення за рахунок сонячного світла та окислення консументами з подальшим розсіюванням енергії. Речовини в екосистемах здійснюють майже повний кругообіг, потрапляючи спочатку в організми, потім до абіотичного середовища і знову до організмів.