

ЕКОЛОГІЯ ЯК НАУКА

Основні питання

Вступ

1. Історія становлення екології як науки.
2. Основні поняття та завдання екології.
3. Галузі та підрозділи екології.
4. Основні екологічні закони.
5. Методи дослідження в екології.

Розвиток людської цивілізації неможливий без раціональної взаємодії з природою. Людина є частиною природи, отримує від неї все необхідне для життя: енергію, продукти харчування, матеріали, черпає з природи емоційний та естетичний потенціал. Цілеспрямовані антропогенні (господарські) дії людини на природу зумовлюють не тільки позитивний вплив, вони призводять і до негативних наслідків. Людина будує міста, села, дороги, видобуває корисні копалини, розвиває сільське господарство та промисловість, змінює ландшафти, проводить меліорацію земель, зумовлюючи деградацію природних ресурсів.

Аналіз антропогенного впливу на природні екосистеми засвідчив, що швидкість деградації довкілля України набула таких масштабів, що вийшла за межі швидкості біологічного пристосування живих організмів до середовища існування, тобто втрачена стійкість екосистем. Останнім часом спостерігається значний занепад людської моралі; зростання бідності, злочинності; підвищення агресивності; поширення хвороб (особливо СНІДу й злоякісних пухлин); загострення до критичного рівня конфлікту між техносферою та природою, наслідком якого є значне забруднення ґрунтів, атмосфери, гідросфери, зникнення рідкісних видів тварин та рослин. Тому сьогодні вкрай необхідна чітка стратегія охорони природного середовища, посилення контролю за природокористуванням, здійснення екологічного виховання, формування екологічної культури та свідомості людей [3, 6].

Екологія відносно молода біологічна наука, яка швидко розвивається у зв'язку з виникненням глобальних проблем сучасності. Вона вивчає раціональне використання природних ресурсів, проводить моніторинг навколишнього середовища, сприяє збереженню генофонду

рослинного і тваринного світу. Екологія дає уявлення про необхідність досягнення збалансованого розвитку природи, економіки та соціуму для задоволення потреби теперішнього часу, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби і тим самим сприяти сталому розвитку суспільства.

1. Історія становлення екології як науки

Наукові дослідження, які носять екологічний характер згадувалися ще давньогрецькими філософами Гіппократом та Арістотелем.

В епоху Відродження завдяки великим відкриттям розвивається систематика з описом рослин, тварин, їх будовою, різноманітністю форм, що є змістом біологічної науки.

У подальшому еволюційне вчення Ж.Б. Ламарка дозволило підсумувати дослідження розвитку видів живих організмів та встановити їх пристосування до зовнішніх факторів.

Наступною віхою в розвитку екологічного мислення була книга Ч.Дарвіна «Походження видів» (1859). Дарвін показав, що "боротьба за існування у природі, під якою він розумів усі форми суперечливих зв'язків видів з середовищем, веде до природного добору, тобто є рушійною силою еволюції. Тому дослідження взаємовідносин живих істот та їх зв'язків з неорганічними компонентами середовища («боротьба за існування») перетворюється в самостійну галузь знань [19].

Загалом історію становлення екології як науки можна звести до чотирьох етапів.

Перший етап (стародавній, донауковий) – так званий описовий період, який тривав до 1866 року. Первісна людина з її містично-інтуїтивним підходом до вивчення світу і взаємозалежності природи та людини не мала серйозних наукових уявлень про екологічні процеси. У своїй практичній діяльності, що була безпосередньо прив'язана до природних процесів, вона розуміла необхідність збереження і охорони найбільш цінних для її існування об'єктів. Так, виникли священні ліси, урочища, вводились табу на полювання за промисловими тваринами і рослинами [14, 15].

Екологія значний період розвивалася як складова біології – загального вчення про живі організми, а окремі її елементи з'являлися в працях ботаніків та зоологів.

Другий етап (до 30-х років XX ст., аутоекологічний) – це період екології організмів, виявлення закономірностей у ставленні тварин і

рослин до різноманітних абіотичних факторів та дослідження екосистем.

На даному етапі основу для екології становили визначні праці таких вчених: Ч. Дарвіна, О. Гумбольдта, К.Ф. Рульє, Е.Геккеля, І.Ж. Сент-Іллера. Наука базувалася на дослідженні впливу фізичних і хімічних факторів довкілля на життєдіяльність окремого організму або цілого виду. Вчені звернули увагу на науковий метод досліджень, додавши до загального ознайомлення і спостережень порівняно точні досліди (наприклад, про вплив мінеральних добрив на ріст рослин і кінцеву їхню продуктивність). Ці праці стали основою для досліджень в геології, геоботаніці, гідрології, ґрунтознавстві, кліматології. Було встановлено, що живі організми своїм існуванням та розвитком залежні від природного середовища.

Важливу роль у диференціації екологічної науки відіграв III ботанічний конгрес 1910 р., де було вирішено екологію рослин поділити на екологію особин (аутекологію) та екологію угруповань (синекологію).

Завдяки діяльності екологів вдалося створити заповідники, національні парки, сформулювати перші закони та правила щодо рибальства і полювання.

У цілому цей період розвитку екології можна назвати «природоохоронним»: в основному формувались нові знання у природничих науках, але в той же час актуальним стало питання необхідності вирішення окремих регіональних і локальних проблем забруднення, зведення лісів, руйнування сільськогосподарських угідь і т.п. [14, 15]

Третій етап (1930 - 1970 рр., синекологічний) – цей етап був порівняно короткочасним і стосувався дослідження великих груп організмів (популяцій та біоценозів) під кутом аналізу взаємодії окремих особин і популяцій різних видів між собою.

Великою заслугою цього етапу екології є залучення також вищої математики (насамперед диференціальних рівнянь), адже вперше екологи мають змогу виконувати теоретичне моделювання розвитку подій у біоценозах, робити передбачення.

Саме в цей період вводяться такі поняття, як «екосистема», «біогеоценоз», формуються основні екологічні закони.

До найвизначніших екологів цього періоду належать такі вчені, як: Г.Бердон-Сандерсон, У.Елтон, А.Тенслі (Англія); С.Форбс, В.Шелфорд (США); Д.Кашкаров, А.Парамонов, В.Вернадський, С.Северцев,

В.Сукачов.

У цей період створюються екологічні товариства, видаються екологічні журнали, проводяться екологічні конгреси.

Четвертий етап (70-ті роки ХХ ст. – сучасний етап, мегаекологічний) – домінуючим є розуміння про «пов'язаність усього з усім», необхідність одночасного та якнайточнішого врахування взаємодії між суспільством та довкіллям. Розвивається уявлення про глобальність природних і антропогенних процесів та неможливість вирішення екологічних проблем силами окремих країн.

Одночасно виникли і стали розвиватися десятки напрямів сучасної екології: техноекологія, соціоекологія, геоекологія та ін. Не лише становлення, а й поділ та найменування цих невеликих частин екології відбуваються безперервно. Фахівці стверджують, що їх нараховується близько 50, а можливо і набагато більше.

Біосфера постала як глобальна екосистема, а розвинута в 40-х роках ноосферна концепція В. Вернадського дала поштовх до нового ноосферного мислення, яке нині все більше опановує людський розум.

Сучасний стан розвитку екології характеризується, крім поглиблення вже наведених напрямків, також і специфічними рисами. Головні з них:

- інформаційний бум в розвитку екології;
- розвиток «геосистемного» (комплексного) напрямку вирішення соціально-економічних і екологічних проблем з використанням інформаційних технологічних систем на регіональному і глобальному рівнях (ГІС-технології);
- бурхливий розвиток біотехнологій та генної інженерії, що призводить до переходу від техногенного аспекту розвитку людства («техносфери») до біологізації науково-технічного прогресу («біотехносфера»);
- виникнення поняття про екологічну безпеку розвитку цивілізації і пошуку нових шляхів її досягнення, формування поняття про екополітику;
- проблеми міжнародного тероризму та інших конфліктів воєнного характеру, враховуючи можливі негативні екологічні наслідки [3, 4].

2. Основні поняття та завдання екології

Формування екології як науки розпочалося лише наприкінці ХІХ на початку ХХ століть й триває досі. Сучасна екологія з суто

біологічної науки трансформувалася в комплексну, складну, багатогранну інтегральну науку – екологічну філософію [17].

Вперше термін «екологія» був запропонований німецьким біологом Ернестом Геккелем у 1866 р. У дослівному перекладі – *oikos* – із грецької означає дім, *logos* – наука, тобто, екологія – це наука про «дім», в якому ми проживаємо, про природу, що оточує нас. Вона вивчає умови існування живих організмів, їхній взаємозв'язок з довкіллям.

Але наприкінці ХХ ст. місце екології в системі наук дуже змінилося. Нині вона трансформувалася і стала наукою про структуру та функцію природи в цілому, наукою, що вивчає місце людини на нашій планеті, про взаємозв'язки всього живого на Землі, і зокрема, між людиною та навколишнім середовищем.

Видатний американський еколог Юджін Одум дав таке визначення екології як науки: екологія – це *біологія навколишнього середовища* [19].

Людина з давніх-давен цікавилася «біологією навколишнього середовища», тобто, щоб вижити, вона повинна мати уявлення про рослинний і тваринний світ, що її оточує. «Фактично, – зазначає Ю.Одум, – цивілізація виникла тоді, коли людина навчилася використовувати вогонь та інші засоби, які дозволили їй змінити середовище свого існування. Нині, коли людина вивільнила колосальні сили природи і невідомо змінила це середовище, коли знання законів природи стає необхідним, екологічний всеобуч став на порядок денний сучасного життя».

Екологія – це наука про взаємовідносини живих істот між собою та з навколишньою неорганічною природою, що їх оточує, про зв'язки в системах, яким підпорядковане існування організмів, про структуру й функціонування цих систем.

Основним об'єктом вивчення в екології є екосистеми.

Предметом екології є сукупність зв'язків між організмами та середовищем, або їхня структура.

Основні завдання екологічної науки:

- дослідження законів функціонування екосистем та моделювання процесів їхнього розвитку у різних умовах;
- вивчення закономірностей взаємовідносин живих організмів з навколишнім середовищем під впливом абіотичних, біотичних та антропогенних факторів;

- дослідження стану атмосфери, гідросфери, літосфери і біосфери та здійснення моделювання і прогнозування зміни їх якості під впливом розвитку техносфери;
- надання рекомендацій, розроблення механізмів та методів щодо зменшення негативного впливу на довкілля підприємств;
- вивчення шляхів оптимізації взаємовідносин людського суспільства з природою, формування екологічної свідомості, екологічної культури за допомогою нових методів і підходів екологічної освіти та виховання.

Екологія як наука досліджує надорганізмкові системи: популяції та угруповання.

Термін «популяція» спочатку використовували для визначення груп людей, в екології він набув ширшого значення і характеризує групу особин будь-якого виду. Поняття «угруповання» в екології включає всі популяції, які займають дану площу. Наприклад, у діброві на території конкретної асоціації (осоково-волосистої грабової діброви) спостерігаємо популяції дуба, граба, клена, явора, дикої яблуні, горобини, ліщини, осоки волосистої, барвінку, печіночниці тощо.

Слід зауважити, що екосистема, а не угруповання, є об'єктом екологічної науки. Адже організми, які утворюють прості чи складні угруповання, взаємодіють між собою в реальному просторі біотопу.

Угрупованню відповідає термін біоценоз, а екосистемі (термін запропонований А. Тенслі) – біогеоценоз (термін запропонований В. М. Сукачовим). Таким чином накладаються не тільки два терміни – екосистема і біогеоценоз, 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 [19].

3. Галузі та підрозділи екології

Деякі фахівці (Т. Акімова, В. Хаскін та інші) серед розділів сучасної екології виокремлюють загальну та прикладну (практичну) екологію, рис. 1.1.



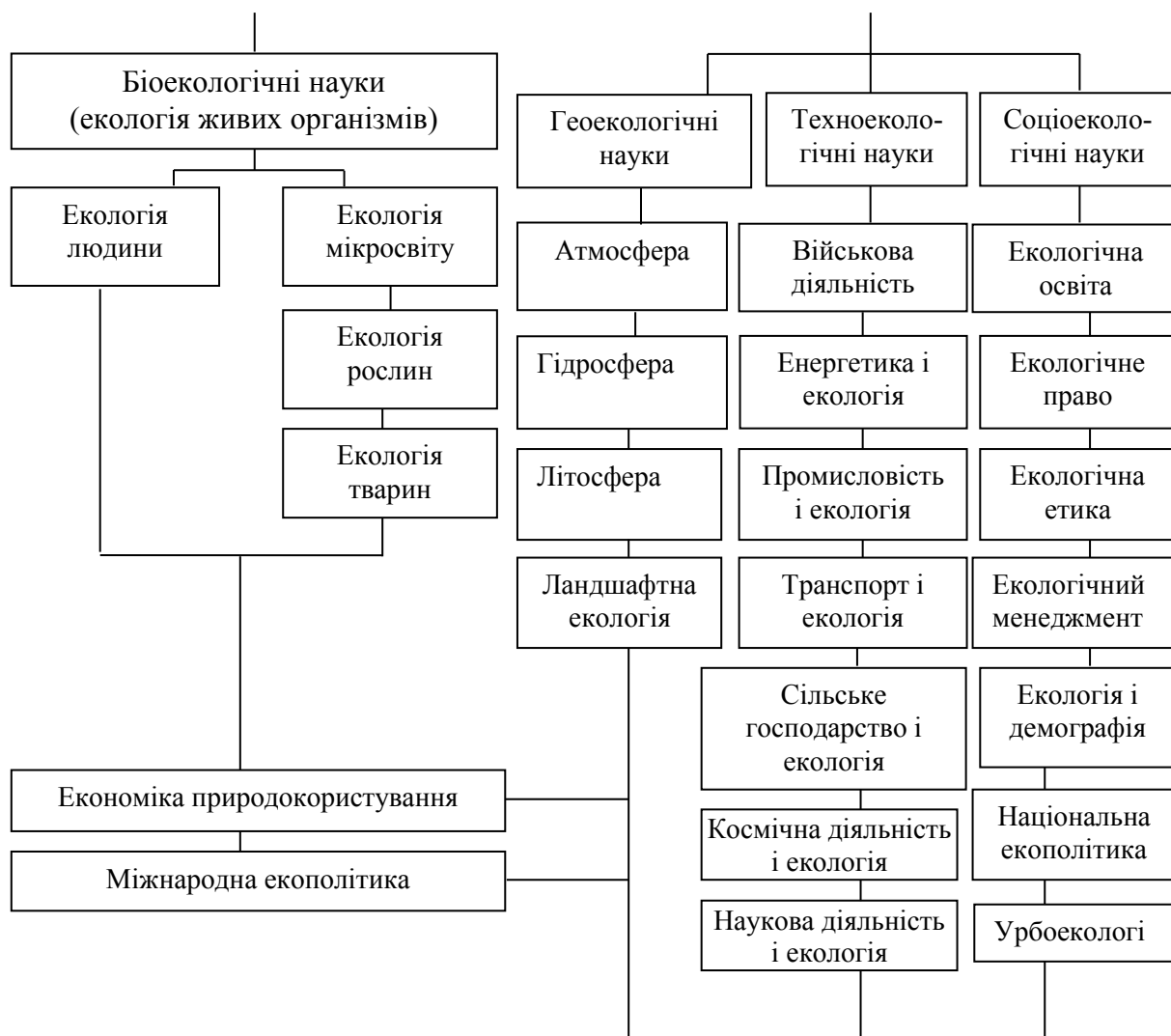


Рис. 1.1. Структурна схема екології
(за В.П. Кучерявим, 2000 р.).

Головною складовою загальної екології вважають теоретичну екологію, яка визначає загальні закони функціонування екосистем, а її основою стала біоекологія.

Біоекологія вивчає закономірності взаємовідносин організмів та їх угруповань із зовнішнім середовищем у природних умовах, формує уявлення про потоки речовини, енергії та інформації в життєдіяльності організмів, їх груп та біологічних систем.

Останніми десятиліттями активно розвиваються різні напрями в сфері прикладної екології, яка вивчає механізми руйнування біосфери, розробляє методи запобігання йому й способи раціонального природокористування.

Прикладна екологія складається з трьох основних блоків — геоекологічного, техноекологічного й соціоекологічного — кожен з

яких, відповідно до диференціації галузевих напрямів, має десятки відгалужень [4, 19].

Геоєкологія вивчає специфіку взаємовідносин організмів і середовища їх існування в різних географічних зонах, на суходолі й в океані, в тундрі, тайзі й тропіках, у горах і пустелях тощо, дає екологічну характеристику різних географічних регіонів, областей, районів, ландшафтів, розглядає екологічні наслідки ендо- й екзогенних геологічних процесів, видобування корисних копалин, здійснює екологічне картографування.

Техноєкологія визначає обсяги, механізми й наслідки впливів на довкілля та здоров'я людини різних галузей і об'єктів промисловості, особливості використання ними природних ресурсів, розробляє регламентації природокористування й технічні засоби охорони природи, опікується проблемами утилізації відходів виробництва та відтворення зруйнованих екосистем, екологізацією виробництв [4, 20].

Соціальна екологія досліджує специфічну роль людини в довкіллі не як біологічного виду, а як соціальної істоти, відмінності цієї ролі від функції інших живих істот, вивчає шляхи оптимізації взаємовідносин людського суспільства з природою, формує екологічну свідомість, екологічну культуру за допомогою нових методів і підходів екологічної освіти та виховання [4, 20, 24].

Кожен із напрямів екологічних наук має свою специфіку, своє коло питань, що їх слід вирішувати, свої особливості екологічного моніторингу, свої методи й масштаби досліджень, контролю та менеджменту, але завдання в них одне: визначити характер забруднень довкілля, пов'язаних із тим чи іншим видом діяльності людини, обсяги цих забруднень, ступінь їхньої небезпечності, можливості нейтралізації завданої природі шкоди, а також шляхи оптимальної екологізації технологій, підвищення ефективності охорони природи, збереження й відновлення природних ресурсів.

Крім того, екологію можна умовно поділити на п'ять великих підрозділів: аутекологію (екологію організмів), демекологію (екологію популяцій), синекологію (екологію угруповань), біогеоценологію та біосферологію (глобальну екологію) [19, 20].

Аутекологія – це наука, що вивчає взаємозв'язки та взаємовідносини окремих представників виду з навколишнім середовищем. Вона досліджує дію середовища на морфологію, фізіологію та поведінку організмів, встановлює межі стійкості виду.

Цей розділ - один з найцікавіших, адже він розкриває загальні закономірності дії факторів середовища на живі організми.

Демекологія вивчає структуру популяцій: біологічну, статеву, вікову, просторову та демографічну. Цей підрозділ ще називають популяційною екологією або динамікою популяцій, тому що встановлюються причини коливання чисельності виду.

Синекологія аналізує стосунки між особинами, що належать до різних видів даного угруповання організмів, а також між ними і навколишнім середовищем. Синонімом синекології є *біоценологія*.

Біогеоценологія, або екосистемологія, вивчає конкретні біогеоценози (суходільні, водні), в яких взаємодіють біоценози з певною ділянкою земної поверхні – біотопом.

Біосферологія або глобальна екологія вивчає біосферу як єдине планетарне ціле, з'ясовує закономірності еволюції біосфери [19, 20].

4. Основні екологічні закони

Екологія, як і всі науки, базується на основних законах природи. В екології існує понад 250 законів, закономірностей, принципів, правил, які наведені М.Ф. Реймерсом [27]. Львівські вчені С.М. Кравченко і М.В. Костицький (1992) подають їх у такому порядку:

1) *закон обмеженості природних ресурсів*. Деякі вчені вважають сонячну енергію практично невичерпною, однак при цьому не беруть до уваги, що серйозною перепорою для її використання є біосфера, антропогенна зміна якої понад допустиму межу (за правилом – 1%) може призвести до серйозних і тяжких наслідків;

2) *зменшення природно-ресурсного потенціалу* – інтенсивне використання природних ресурсів веде до того, що вони стають щораз менше доступними і вимагають збільшення затрат праці й енергії на їх добування та транспортування;

3) *піраміди енергій* – з одного трофічного рівня екологічної піраміди переходить на інші рівні не більше 10 % енергії;

4) *рівнозначності всіх умов життя* – всі природні умови середовища, необхідні для життя, відіграють рівнозначну роль;

5) *розвиток природної системи за рахунок навколишнього середовища* – будь-яка природна система може розвиватися лише за умови використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища; абсолютно ізольований саморозвиток неможливий;

6) *системогенетичний* – багато природних систем, зокрема геологічні утворення, особини, біотичні спільноти, екосистеми тощо, в індивідуальному розвитку повторюють у скороченій (в закономірно змінній та узагальненій) формі еволюцію своєї системної структури;

7) *системоперіодичний*, який, наприклад, проявляється у періодичній системі хімічних елементів чи у гомологічних рядах;

8) *сукупності (спільної дії) природних факторів* – наприклад, врожай залежить не від окремого, нехай навіть дуже важливого, фактора, а від сукупності екологічних факторів; коефіцієнт дії кожного окремого фактора в їх спільному впливові різний і може бути обчислений;

9) *сукцесивного уповільнення* – процеси, які відбуваються у зрілих урівноважених системах, як правило, виявляють тенденцію до уповільнення. Наприклад, акліматизація нового виду культурних рослин дає спочатку ефект, далі популяційний вибух згасає, і якщо цей вид не стає масовим шкідником, то його господарське значення різко зменшується;

10) *прискорення еволюції* – швидкість формоутворення з бігом геологічного часу збільшується, а середня тривалість існування видів всередині більш крупної єдності (групи) знижується, тобто високоорганізовані форми існують менше часу, ніж низькоорганізовані;

11) *еволюції*, які виявляються в трьох аспектах:

- а) як спілкування тварин зі зовнішнім світом, або двоякості живих елементів;
- б) поступового утворення всього суцього – в природі ніщо не вічне, все має свою історію;
- в) ускладнення організації – полягає в ускладненні організації як окремого організму, так і екосистем завдяки зростанню диференціації функцій і органів, які виконують ці функції;

12) *екологічні кореляції* – в екосистемі, як і в будь-якому цілісному природному утворенні, всі її компоненти функціонально відповідають один одному; випадання однієї частини системи (знищення виду) неминуче призводить до виключення всіх тісно пов'язаних з цією частиною системи інших її частин і до функціональної зміни цілого в рамках дії закону внутрішньої динамічної рівноваги [19].

Більшість екологічних законів і принципів узагальнив американський еколог Б. Коммонер у 1974 р., звівши їх до чотирьох основних [3, 4, 19].

Закон перший: усе пов'язане з усім. Екологія розглядає біосферу нашої планети як складну систему з багатьма взаємопов'язаними елементами. За рахунок взаємозв'язків формуються гармонійні системи кругообігу речовин та енергії. Отже, будь-яке втручання в роботу збалансованого механізму біосфери викликає ланцюгову реакцію в екосистемах різних рівнів, що робить прогнозування в екології надзвичайно складним завданням.

Закон другий: усе має кудись діватися. На прикладі біологічного кругообігу можна зауважити, як рештки й продукти життєдіяльності одних організмів є в природі джерелом існування для інших. Людина поки що не створила такого гармонійного кругообігу в своїй господарській діяльності. Будь-яке виробництво постійно виробляє дві речі – необхідну продукцію та відходи. Відходи самі собою не зникають: вони нагромаджуються, знову втягуються в кругообіг речовин і, подекуди, призводять до катастрофічних наслідків.

Закон третій: природа знає краще. Третій закон екології стверджує, що штучне введення органічних речовин, які не існують у природі, а створені людиною та беруть участь у живій системі, швидше завдасть шкоди.

Закон четвертий: ніщо не дається задарма. «Глобальна екосистема являє собою єдине ціле, в межах якого ніщо не може бути вигране або втрачене й яке не може бути об'єктом загального поліпшення: все, що вилучається з неї людською працею, має бути відшкодоване. Сплати за цим векселем не можна уникнути, її можна лише відстрочити», – пише Б. Коммонер. Четвертий закон стверджує, що природні ресурси не є нескінченними. Людина в процесі своєї діяльності на сучасному етапі розвитку цивілізації бере у природи в «борг» значну частину її ресурсів, залишаючи під заставу відходи та забруднення. Цей борг зростатиме доти, доки існування людства не опиниться під загрозою й люди сповна не усвідомлять необхідність усувати негативні наслідки своєї діяльності, що потребуватиме дуже великих затрат, які й стануть сплатою цього боргу. Знехтувати цим законом сьогодні – означає прискорити загрозу існування життя на планеті.

У цих екологічних законах сформульовано об'єктивні й реальні екологічні особливості, закономірності існування природи, які має наслідувати людина на Землі.

5. Методи дослідження в екології

Екологічні дослідження вимагають систематичного дотримання чотирьох послідовних етапів: 1) спостереження; 2) формулювання на основі спостережень теорії про закономірність досліджуваного явища; 3) перевірка теорії наступними спостереженнями й експериментами; 4) спостереження за тим, чи передбачення, побудовані на цій теорії, правдиві.

Екологія як комплексна наука використовує досить багато методів, які властиві іншим фундаментальним наукам. Згідно з Ю.А. Злобіним (1998), методи екології можна розділити на три основні групи [14, 15]:

Методи збору інформації. Включають у себе методи, які застосовують природничі науки, що спрямовані на накопичення фактичного матеріалу про складові компоненти досліджуваної ділянки екосистеми та біосфери в цілому. Сюди належить спостереження та експеримент.

Відмінною рисою спостереження є невтручання спостерігача в процеси, що відбуваються. Воно виконується за допомогою органів відчуття або приладів. Усі факти, які належать до конкретної проблеми, називають *даними*. Спостереження можуть бути *якісними* (тобто описувати колір, форму, смак, зовнішній вигляд тощо) або *кількісними*. Кількісні спостереження є точнішими. Вони включають вимірювання величини або кількості, наочним виразом яких можуть бути якісні ознаки [19].

Особливістю сучасних екологічних спостережень за допомогою приладів є їхня комплексність та довгостроковість, коли на одній і тій же ділянці екосистеми спостереження можна проводити протягом великого відрізка часу одночасно за декількома показниками. Окрім комплексних спостережень на стаціонарах може проводитися глобальний моніторинг екосистем і всієї біосфери.

Екологія широко застосовує також метод експерименту, коли до екосистеми свідомо вноситься якась одна або декілька змін і через деякий час зіставляються результати спостережень на експериментальній та контрольній ділянках екосистеми.

Методи обробки отриманої інформації. Дана група методів спрямована на узагальнення отриманої інформації шляхом систематизації певних параметрів складових компонентів досліджуваної ділянки екосистеми. Слід відзначити, що при певних екологічних дослідженнях необхідною умовою достовірності отриманих результатів є використання статистичної обробки даних. Це

дозволяє виявити наявність між досліджуваними ознаками зв'язку (кореляційний аналіз) та залежності (регресійний аналіз).

Методи інтерпретації отриманих результатів. Методи моделювання. Важливим етапом будь-яких екологічних досліджень є аналіз отриманих результатів, побудова певної моделі стану екосистеми. Такий підхід дає змогу прогнозувати зміни, які можуть відбуватися на досліджуваній ділянці під впливом певних екологічних факторів або під впливом діяльності людини.

На основі абстрагування результатів досліджень можна робити словесні описи екосистем (*вербальні моделі*), будувати схеми взаємозв'язків компонентів (*графічні моделі*), робити спробу опису екосистеми за допомогою математичних формул (*математичні моделі*).

Моделювання має вагоме значення у розвитку сучасної екології. Так моделювання фізичних та біологічних процесів під впливом природних та антропогенних чинників у довкіллі дає змогу прогнозувати зміни його стану на різних рівнях. За допомогою цього одержують можливість оцінювати потенційні наслідки застосування різних стратегій оперативного керування впливу на екосистему, раціонально використовувати природні ресурси (біотичні та абіотичні), оптимізувати екосистеми. Моделювання дозволяє глибоко проникнути в сутність явищ, зрозуміти їхню справжню природу.

Завдання для самостійної роботи студентів:

1. Історія розвитку глобальних екологічних криз.
2. Основні фактори, що зумовили глобальну екологічну кризу.
3. Приклади природних і антропогенних катастроф.
4. Виникнення надзвичайних екологічних ситуацій.

РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Основні питання

1. Поняття про природу та середовища існування.
2. Класифікація екологічних факторів.
2. Вплив абіотичних факторів на живі організми.
3. Характеристика біотичних факторів.
4. Антропогенні фактори та їх вплив на навколишнє природне середовище.
5. Вплив екологічних факторів на організм людини.
6. Основні закони та принципи факторіальної екології.

1. Поняття про природу та середовища існування

Природа – це єдиний дуже складний комплекс взаємопов'язаних явищ. Поняття «природа» і «навколишнє середовище» дуже подібні. Але поняття «природа» значно ширше. Природа – це об'єктивна реальність, результат еволюції матеріального світу, яка існує незалежно від свідомості людини. Проте у «природі» ми давно не живемо, оскільки мешкаємо в середовищі, трансформованому під впливом діяльності людини. Це навколишнє середовище утворилося в результаті тривалої еволюції планети Земля під впливом людської діяльності, створення так званої «вторинної природи», тобто міст, заводів, транспортних магістралей, сільськогосподарських угідь тощо [7].

Середовище існування – це вся сукупність конкретних абіотичних та біотичних факторів, в яких живе дана особина, популяція або вид; воно включає в себе природне середовище будь-якого живого організму, включаючи людину.

У процесі історичного розвитку живі організми освоїли чотири середовища існування. Вважається, що першим з них було водне середовище, у якому життя зародилося і розвивалося багато мільйонів років. Другим стало наземно-повітряне – на суходолі та в атмосфері виникли і бурхливо адаптувалися до нових умов рослини і тварини. Поступово перетворюючи верхній шар літосфери, вони утворили третє середовище – ґрунтове, а самі стали четвертим середовищем проживання.

Водне середовище. Вода – це основа життя, вона відіграє значну роль у процесах обміну речовин, без яких життя неможливе. Загальні запаси води на земній кулі становлять близько 1390 млн. км³, з них 96,4 % – морські води. Вода – це й важливий екологічний фактор, що визначається її фізичними властивостями.

Вода як середовище проживання має ряд специфічних властивостей: велику щільність, сильні перепади тиску, відносно невисокий вміст Оксигену, сильне поглинання сонячних променів. Водойми та окремі їхні ділянки розрізняються, також за сольовим режимом, швидкістю горизонтальних переміщень (течій), вмістом зважених часток. Організми водного середовища отримали в екології назву гідробіонтів, вони населяють Світовий океан, континентальні водойми та підземні води.

Природна вода, яка утворює гідросферу – це складна полідисперсна система, що складається з водних розчинів і завислих частинок неорганічних і органічних речовин, а також із живих органічних тіл, котрі втримуються у водній екосистемі за рахунок різних співвідношень маси, постійного перемішування і переміщення водних мас або активної протидії силі тяжіння з боку живих організмів [17].

У водному середовищі налічується близько 150 000 видів тварин і 10 000 рослин, що становить відповідно всього 7 і 8% від загального кількості видів нашої планети, а отже, можна стверджувати, що на суші еволюційний процес відбувався набагато інтенсивніше, ніж у воді.

Найбільшою різноманітністю життя відрізняються теплі моря й океани (40 000 видів тварин) в області екватора і тропіках, на північ і південь спостерігається збіднення флори і фауни морів. Відносно ж розподілу організмів безпосередньо в морі, то основна їхня маса зосереджена в поверхневих шарах води.

Ґрунтове середовище. Ґрунтовий покрив нашої планети – це важливий компонент біосфери Землі. Саме ґрунтова оболонка зумовлює багато процесів, які відбуваються в біосфері. Ґрунт заселений різними тваринами й мікроорганізмами, а також є основним життєвим субстратом для рослин. Вважається, що близько 90% видів комах на тих чи інших стадіях свого онтогенезу пов'язані з ґрунтом. Ґрунт став місцем проживання для багатьох організмів. Серед них безхребетні, земноводні, птахи і ссавці. На окремих лісових ділянках порожнини нір крота становлять до 15% площі. Дощові черв'яки роблять численні ходи в землі, полегшуючи її провітрювання і в такий спосіб запобігають

тому, щоб накопичена там органічна речовина загнивала, завдаючи шкоди корінню рослин; кроти розпушують ґрунт, покращують його фізичні й водні властивості.

Органічний світ ґрунту відіграє важливу роль у його трансформації. Прискорюючи розклад і загальний кругообіг речовин, ґрунтові редуценти збагачують його органічними сполуками, покращують фізичні властивості, структуру, водопроникність, аерацію, а отже й умови мінерального та водного живлення, росту і кореневого дихання рослин.

За хімічним складом ґрунт суттєво відрізняється від своєї материнської породи. Він складається з мінеральних, органічних і органо-мінеральних сполук. Головною особливістю хімічного складу ґрунту є наявність у ньому специфічної групи органічних речовин – гумусу. Визначальним для генезису ґрунтів та їх родючості є ґрунтовий розчин, який бере участь у процесах перетворення (руйнування і синтез) мінеральних і органічних речовин, вертикальним переміщенням по профілю різноманітних продуктів ґрунтоутворення, а головне – у живленні рослин. Тому, дуже важливо знати його склад та властивості (реакцію, буферність, осмотичний тиск) [17].

За ступенем зв'язку з середовищем проживання в едафоні виділяють три групи організмів:

Геобіонти – постійні мешканці ґрунту: дощові черв'яки, багато комах, з ссавців кроти, сліпаки.

Геофіли – тварини, у яких частина циклу розвитку проходить в іншому середовищі, а частина – в ґрунті. Це більшість літаючих комах (саранові, жуки, комарі-довгоніжки, капустянки, багато метеликів). Одні в ґрунті проходять фазу личинки, інші – фазу лялечки.

Геоксени – тварини, які іноді проживають в ґрунті з метою укриття чи притулку. До них відносяться всі ссавці, що живуть у норах, багато комах.

Особлива група – псамофіти і псамофіли (мармурові хрущі, мурашині леви), які адаптовані до сипучих пісків у пустелях.

Повітряне середовище є малопридатним для існування в ньому живих організмів через свої фізичні властивості. Більшість організмів використовує повітряне середовище для пересування (птахи, комахи).

Повітря є необхідною складовою навколишнього середовища і має певні фізико-хімічні параметри. Чисте й сухе повітря – це суміш газів: основні з них – Нітроген, Оксиген, Аргон та Карбону (IV) оксид; решта газів представлена незначними частками. У повітрі також присутня

водяна пара, фізичні домішки природного і антропогенного походження: пилок та спори рослин, пил, сажа. Значну роль у повітряному середовищі відіграє CO_2 , коливання якого є дуже важливим для фотосинтезу. Під час інтенсивної вегетації (червень, липень) вміст CO_2 в повітрі лісу менший, ніж восени. Вночі його кількість більша, ніж у сонячний день.

2. Класифікація екологічних факторів

Екологічний фактор – це будь-який фактор середовища, що здатен прямим або непрямим способом, впливати на живі організми в період хоча б однієї фази індивідуального розвитку.

Екологічні фактори середовища, з якими пов'язаний будь-який живий організм, поділяються на три групи: **абіотичні** – фактори неживої природи, **біотичні** – фактори живої природи та **антропогенні**.

Абіотичні фактори – це фактори неживої природи, а саме: сукупність кліматичних, едафічних, орографічних, гідрологічних, геологічних факторів. Сюди також відносять потоки та хвилі.

Біотичні фактори – це сукупність взаємовпливу життєдіяльності одних організмів на інші. Біотичний компонент можна розділити на автотрофні та гетеротрофні організми.

Антропогенні фактори – це вплив антропогенної діяльності, що змінює умови існування та функціонування екосистем.

За характером дій розглядають періодичні й неперіодичні екологічні фактори, з дією яких пов'язані пристосувальні можливості організмів і природних екосистем до змін зовнішніх дій. До періодичних екологічних факторів відносять природні явища, зумовлені обертанням Землі: зміна пір року, добова зміна освітленості, добові, сезонні та вікові зміни температури і опадів, динаміка рослинної їжі (для тварин) тощо. До неперіодичних належать екологічні чинники, що не мають вираженої циклічності, наприклад, хімічний склад і механічні характеристики ґрунту, атмосферного повітря або води [3, 4].

3. Вплив абіотичних факторів на живі організми

До абіотичних факторів відносять кліматичні (променева енергія Сонця, освітленість, температура, вологість повітря, газовий склад атмосфери), едафічні та фактори водного середовища.

Променева енергія Сонця. Сонце – це єдине джерело енергії на нашій планеті та основа існування живих організмів, адже світло

забезпечує процес фотосинтезу. Разом з тим є інші аспекти його впливу на живі істоти, а саме: інтенсивність світла, довжина хвилі та фотоперіод. Усі ці властивості світла залежать від кута падіння сонячних променів на земну поверхню. Якщо на екваторі довжина світлового дня (фотоперіод) більш-менш постійна (близько 12 годин), то у вищих широтах вона залежить від пори року та змінюється циклічно. В таких умовах життєві цикли живих організмів синхронізовані у відповідності до конкретної пори року. Ця синхронізація проявляється у різних формах пристосування, таких як сплячка, діапауза комах, приліт і відліт птахів [17].

Освітленість земної поверхні. Світло у формі сонячної радіації забезпечує всі життєві процеси на Землі. *Освітленість* більше виражена у тих системах, де ярусність рослинного покриву, а також топографія земної поверхні зумовлює адаптацію живих організмів (тіньовитривалість, світлолюбивість). Освітленість необхідна для процесу фотосинтезу, вона формує терміни цвітіння і плодоношення рослин. Однак дуже яскраве сонце (яскравість вище оптимальної) пригнічує фотосинтез, тому в тропіках важко отримати високий врожай культур, багатий білком. Рослини поділяють на: світлолюбиві, тіньолубиві, тіньовитривалі. Для тварин світловий режим необхідний для орієнтації в просторі.

Температура - це один із важливих абіотичних факторів, який прямо або опосередковано може впливати на живі організми. До температури живі організми є вибагливими. Кожен окремий організм пристосований до конкретних температурних умов і може існувати тільки в певних межах, до яких пристосовані його метаболізм та структура. У живих організмів є цілий ряд пристосувань, які дають їм змогу витримувати температуру в певних межах. До них відносять: потовиділення, товщину жирового відкладу, густину шерсті (зимою – густіша, літом – рідша). У рослин цим пристосуванням є циклічність розвитку, на основі якого виділяють п'ять життєвих форм:

Фанерофіти – деревні рослини, у яких бруньки поновлення розміщені високо над поверхнею ґрунту й повністю відкриті для впливу атмосфери. Включають дерева, чагарники з довільною мінімальною висотою до 25 см, а також ліани та епіфіти, що підтримуються в ролі опори деревами і чагарниками.

Хамефіти – різні рослини з бруньками поновлення, розміщеними вище поверхні землі, але нижче 25 см. Включають чагарнички і напівчагарнички, низькорослі сукуленти та розеточні чагарники. Ця

форма характерна і для холодних територій, і для сухих та жарких зон Землі.

Гемікриптофіти – багаторічні трави з бруньками поновлення на рівні ґрунту. Не лише сніг в холодну пору року, але й опале листя або відмерлі залишки рослин можуть захищати бруньки цих рослин.

Геофіти – багаторічні трави з бруньками поновлення, захованими у ґрунті (цибулини, бульбоцибулини, кореневища). У цих рослин найбільш надійний захист від суворого клімату – і жаркого, і холодного.

Терофіти – однорічні рослини, що переживають несприятливу пору року у вигляді насіння.

На температурний режим екосистеми може впливати і рослинний покрив (температура в лісі, полі), а отже біотичний компонент є важливим фактором утворення мікроклімату. Цей факт був здавна помічений людиною й активно використовується в лісовому господарстві (змішані насадження хвойних та листяних порід).

Вологість повітря. У природі, як правило, існують добові коливання вологості повітря, які разом зі світлом і температурою регулюють активність організмів. Вологість як екологічний фактор важлива тому, що змінює реакцію організму на температурні коливання. Температура сильніше впливає на організм, якщо вологість дуже висока або низька. Роль вологості підвищується, якщо температура близька до меж витривалості даного виду.

Клімат визначає формування екосистем всередині географічних поясів (географічних зон). Так, в помірному поясі утворюються зони хвойних (тайга), змішаних і широколистяних лісів, лісостепу, степу, напівпустелі й пустелі. У гірських екосистемах від підніжжя до вершин виділяються висотні географічні пояси (висотна поясність або зональність), які також утворюються в результаті зміни клімату з висотою рельєфу [14, 15].

Газовий склад атмосфери та тиск. Повітря як екологічний фактор має для рослин особливе значення, оскільки є не лише середовищем, у якому відбуваються життєві процеси, але і одним із джерел споживання. Майже 50 % сухої маси рослин становить Карбон, засвоєний ними з повітря. Газовий склад атмосфери є практично постійним (табл. 2.1.).

Таблиця 2.1.

Склад земної атмосфери

Елементи	Вміст, %
----------	----------

Нітроген	78,08
Оксиген	20,95
Аргон	0,93
Карбону (IV) оксид	0,03
Усі інші гази та компоненти	0,01

Екологічно важливі в житті рослини є різні домішки, які містяться в повітрі, однак деякі з них згубно впливають на рослини. Наприклад, сірчистий газ, попадаючи в клітини рослин, порушує ферментативну діяльність, зумовлює зсідання колоїдів, порушує обмін речовин. Особливо чутливі до сірчистого газу гриби, лишайники, хвойні рослини, менш чутливі - покритонасінні. Шкідливий вплив па рослини проявляється при його концентрації в межах 0,0001 %, а при 0,001-0,01 % спостерігається їхнє сильне пошкодження [19].

Значно впливає на організми *атмосферний тиск*. Якщо вплив цього явища на рослини не встановлений, то тварини сильно реагують на зміни тиску. Однак багато ссавців, птахів і комах добре переносять високий чи низький стабільний тиск.

Пониження тиску перед грозою сприяє активності комах, котрі скупчуються у великій кількості на квітах. Це примушує ластівок літати низько над землею в пошуках здобичі.

Фактори водного середовища. Водне середовище однофазне – в ньому різко переважає рідка фаза. Одночасно природна вода, яка утворює гідросферу, являє собою складну полідисперсну систему, що складається з водних розчинів і завислих частинок неорганічних і органічних речовин, а також із живих органічних тіл, котрі втримуються в системі за рахунок різності співвідношень маси, постійного перемішування і переміщення водних мас або активної протидії силі тяжіння з боку живих організмів.

Якщо для водних організмів вода є середовищем їх життя, то для наземних рослин і тварин — надзвичайно необхідною умовою існування, оскільки без неї неможливі процеси метаболізму. Вода як екологічний фактор одночасно належить до групи кліматичних та едафічних факторів, бо багато організмів (особливо рослини) одночасно використовують вологу з атмосфери і ґрунту.

Втрата тілом тварин і рослин вологи (дегідратація) призводить до зниження життєдіяльності, а згодом – і до загибелі. Витривалість до зневоднення тканин залежить від екології виду, його пристосованості до тих чи інших умов місцезростання. В зв'язку з цим усі наземні організми поділяють на три групи: 1) гігрофільні (вологлюбні); 2)

мезогігрофільні (помірно вологолюбні); 3) ксерофільні (сухоллюбні) [19].

Едафічні фактори. Ґрунт (від грецьк. *edafon* - ґрунт, земля) - це поверхневий шар земної кори, що утворюється і розвивається в результаті взаємодії рослин, тварин, мікроорганізмів, гірських порід (рис. 2.1.). Едафічні фактори – це ґрунтові умови, що впливають на життя і поширення живих організмів. Як відомо, живі організми існують не лише в ґрунті, але й у місцях, де його ще немає – скелі, дюни, кар'єри.

В.В. Докучаєв у 1883 р. вперше довів, що ґрунт – це самостійне природне тіло, і його формування є складним процесом взаємодії п'яти природних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, рослинного і тваринного світу, ґрунтоутворюючих (материнських) порід і віку ґрунту. Отже, формування ґрунту відбувається завдяки взаємодії організмів, материнської породи, сонячного випромінювання і опадів.

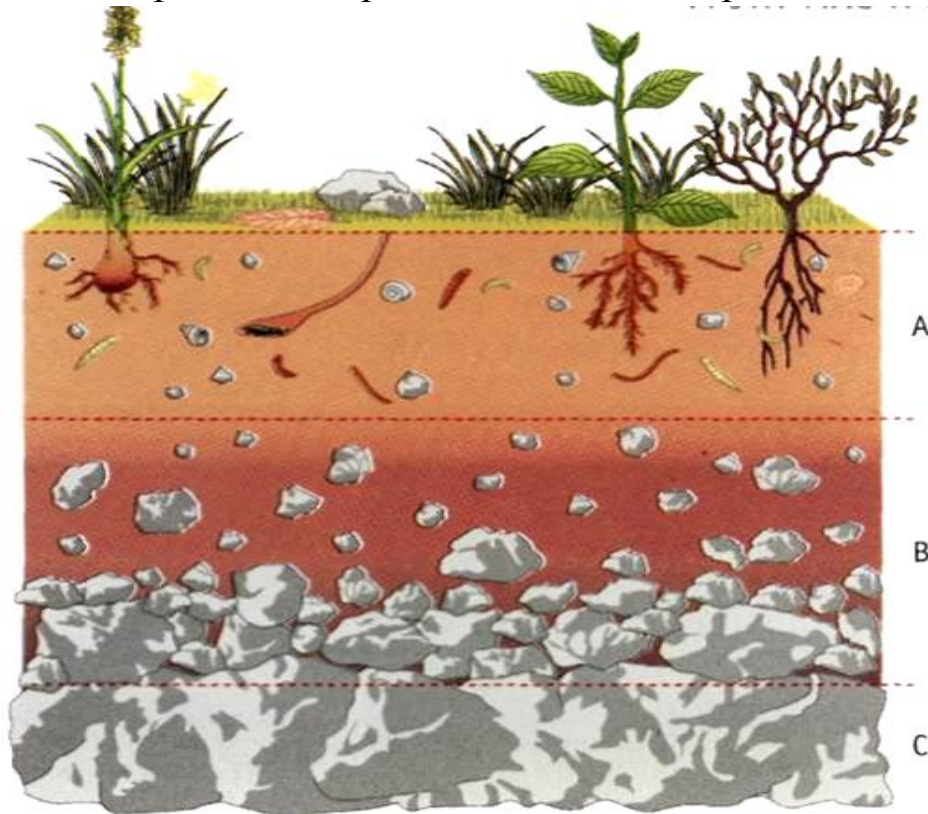


Рис. 2.1. Генетичні горизонти ґрунтового профілю:

- A* – генетичний горизонт, у якому переважає органічна речовина, що є джерелом гумусу і характеризує родючість ґрунту;
- B* – генетичний горизонт з однорідним складом органічної і мінеральної частини та є перехідним від гумусового (*A*) до материнської породи (*C*);
- C* – материнська ґрунтоутворююча порода, яка не має ознак родючості.

Властивості ґрунту значно впливають на ріст рослин. Так, П.С. Погребняк (1968) склав шкалу відношення деревних порід до загальної родючості, кислотності і засоленості ґрунтів:

- *оліготрофи* (маловимогливі до родючості ґрунту): ялівець, сосна гірська, сосна звичайна, береза повисла, акація біла, сосна чорна;
- *мезотрофні* (середньо-вибагливі): береза пухнаста, осика, сосна Веймутова, горобина, берека, верба козяча, дуб північний, дуб скельний, дуб звичайний, вільха чорна, каштан їстівний;
- *мегатрофні* (вибагливі): клен гостролистий, клен-явір, граб, бук, ялиця, осокір, клен польовий, бархат амурський, верба біла, верба ламка, ільм, ясен, горіх грецький;
- *ацидофіли* (надають перевагу кислим ґрунтам): смерека, сосна звичайна, сосна кедрова, ялиця, модрина, береза, осика, горобина, каштан їстівний, граб, азалія, рододендрон;
- *кальцієфіли* (надають перевагу лужним ґрунтам): берест, акація біла, сосна кримська, бирючина, айлант, скумпія;
- *нітрофіли* (азотолюби): берест, більшість тополь і деревовидних верб, черемха, бузина, бруслина європейська;
- *азотобактери* (азотозбирачі, на коріннях яких селяться аеробні бактерії, які здатні фіксувати молекулярний Нітроген повітря і перетворювати його в доступний для рослин стан — азотні сполуки): акація біла, акація жовта, вільха чорна, сіра і зелена, акація піщана, лох, обліпиха, аморфа, леспедеція, дрібні бобові чагарники — піхурник, дереза, рокитник (зіновать), дрік;
- *галофіти* (солестійкі): чорний саксаул, тамарикс, лох, обліпиха, шовковиця, сосна приморська, клен татарський, берест дрібнолистий, айлант, гледичія, софора, акація біла, берест, груша, дуб звичайний;
- *алкаліфіли* (відносно стійкі до лужної реакції ґрунтів — солонцюватості): тамарикс, акація біла, груша, берест, дуб звичайний [19].

4. Характеристика біотичних факторів

Розподіл організмів у біосфері та їхня життєдіяльність (харчування, розмноження, розселення) нерозривно пов'язані не тільки з абіотичними, але й з біотичними факторами — безпосереднім живим оточенням тих чи інших організмів. Всі види прямого або опосередкованого впливу одних організмів на життєдіяльність інших, а також на неживу природу відносять до біотичних факторів.

Біотичні фактори, які впливають на рослинні організми як первинні продуценти органічної речовини, класифікують на зоогенні і фітогенні [17].

Зоогенні фактори. Основною формою впливу представників тваринного світу на рослини є споживання рослинної маси для харчування (фітофагія). Серед фітофагів виділяються: великі тварини – лосі, олені, косулі, кабани; дрібні звірі – зайці, білки, мишачі; різноманітні птахи; багаточисленні представники комах, шкідників тощо.

Велике значення має механічний вплив тварин на рослини. Найбільш помітно це виражається у руйнуванні й пошкодженні рослин при поїданні їх відповідних морфологічних частин і тканин копитними, гризунами, а також при витоπτуванні.

Фітогенні фактори. Рослини, які переважно входять у склад рослинних угруповань, відчують вплив інших рослин і при цьому впливають на них. Форми взаємовідносин досить різноманітні й залежать від способу та ступеня контактів рослинних організмів, різноманітних факторів.

Нижче перераховані основні взаємовідносини між видами (згідно з класифікацією В.М. Сукачова і М.В. Диліса). Взаємодія організмів (рослинних і тваринних) може бути корисною або, навпаки, шкідливою, залежно від того, стимулюється чи обмежується життєдіяльність кожного з них. Власне, саморегулюючі процеси, в основі яких лежить взаємодія організмів, є, як правило, відповідальними за стан динамічної рівноваги із зовнішнім середовищем.

Форми біотичних відносин:

Конкуренція – це такий тип міжвидових і внутрішньовидових взаємовідносин, за якого популяція або особини у боротьбі за харчування, місце проживання й інші необхідні для життя умови, діють один на одного негативно. Це єдина форма біотичних відносин, що негативно впливає на взаємодіючих партнерів. Конкурентні відносини є одним з найважливіших механізмів формування видового складу біоценозу, просторового розподілу особин і регулювання їх чисельності. Вони відіграють велику роль в еволюційному розвитку видів. Самці багатьох видів ссавців (наприклад, олені) в період розмноження вступають один з одним у боротьбу за можливість створити сім'ю (рис. 2.2.).



Рис. 2.2. Внутрішньовидова конкуренція

Хижацтво – дуже поширений тип міжвидових відносин між хижаком і жертвою. Хижаки – це тварини або рослини, які ловлять і поїдають свою жертву. Загалом, хижаками є консументи всіх порядків, і травоїдні, і ті, котрі споживають тварин як їжу. Прикладом можуть бути комахоїдні рослини (рис. 2.3.).



Рис. 2.3. Ілюстрація форми біотичного зв'язку – хижацтва

Паразитизм – форма біотичних зв'язків організмів різних видів, за яких один живе за рахунок іншого, знаходячись усередині або на поверхні його тіла (рис. 2.4.). Паразитизм розповсюджений у світі живих організмів. Відомі численні види паразитуючих бактерій, грибів, тварин і квіткових рослин. Паразитами є також всі віруси, а от серед мохів, папоротей і голонасінних паразитів немає. Наприклад, міноги нападають на тріску, лососів, корюшку, осетрів та інших великих риб і навіть на китів. Присмоктавшись до жертви мінога харчується соками її тіла протягом декількох днів, навіть тижнів. Багато риби гине від завданих нею численних ран (рис. 2.4.).



Рис. 2.4. Ілюстрація біотичного фактора паразитизму

Аменсалізм форма біотичної взаємодії двох видів, за якої один з них чинить шкоду іншому і не отримує при цьому відчутної користі для себе (деревні рослини і трав'яниста рослинність під їх кронами).

Симбіоз (мутуалізм) – представляє собою тривале, нероздільне і взаємовигідне співіснування двох або більше видів організмів (мікориза деяких грибів і коренів дерев). Є приклади мутуалізму і серед тварин. Так, у травному тракті термітів, тарганів, жуйних тварин живуть бактерії, інфузорії та одноклітинні джгутикові, які допомагають тварині-господарю перетравлювати рослинну їжу, виробляючи целюлозолітичні ферменти. Без симбіонтів ці тварини засвоювати целюлозу не здатні.

Коменсалізм – це тип біотичних взаємовідносин між двома видами живих організмів, що є вигідним для одного з них (коменсала) і ніяк не впливає на іншого. Наприклад, рибка-прилипало пересувається на великі відстані, прилипаючи до акул.

Алелопатія (антибіоз) – хімічний взаємовплив одних видів рослин на інші за допомогою продуктів метаболізму (ефірних масел, фітонцидів). Сюди можна віднести «цвітіння води» за участю синьо-зелених водоростей, явище «червоного моря» – виділення гігантськими скупченнями мікроорганізмів токсичних речовин, які викликають загибель риби [17, 20].

Екологічна роль всіх біотичних зв'язків у біоценозах зводиться до того, що послідовно харчуючись один одним, живі організми створюють умови для загального кругообігу речовин, при цьому відбувається взаємне регулювання чисельності видів. На такий взаємозалежності засновані методи біологічної боротьби з шкідниками сільськогосподарських культур. Отже, в екосистемі весь біотичний компонент пов'язаний між собою і з навколишнім середовищем.

5. Антропогенні фактори та їхній вплив на навколишнє природне середовище

У минулі століття, коли чисельність людства була порівняно невисока, людина вважала себе господарем природи, намагаючись взяти для себе якомога більше вигоди. Людина руйнувала її вогнем, залізом, стадами домашніх тварин і це призводило до загибелі рослинності, виснаження ґрунтів, погіршення клімату і зрештою до невідправних змін у навколишньому середовищі.

За археологічними розкопками, які проводились на північному заході Індії, було виявлено центр першої в історії цивілізації на території нинішньої пустелі. У далекому минулому – це квітуче поселення з високорозвиненим скотарством. Пожежі й випас худоби зруйнували рослинний покрив, зменшилась кількість опадів, підвищилась температура повітря, тобто втручання людини змінило клімат, що стало однією з причин загибелі древньої цивілізації [17].

Ще одним прикладом може бути те, що в сиву давнину приморські схили хребта Ліван були вкриті лісами з різних видів сосни, дуба, ялівцю і ліванського кедра. Древні асирійці навіть називали ці місця кедровими горами. Понад 5000 років тому цар Соломон почав будувати тут храм, 80 тис. лісорубів розпочали вирубку лісу і побудували прекрасний храм. А потім час та історія зробили свою справу: вросли в землю залишки зруйнованої святині, зотліли кості самого Соломона і народи до цього часу відчують на собі наслідки його діянь.

Зрозуміло, що поодинокі впливи на природу в минулому не можуть зрівнятися з наслідками діяльності людини у ХХ столітті, яка атомними вибухами руйнує гори, змінює напрям річок, викликає танення льодовиків, зневоднює пустелі. Тому нині змінилась роль людини в природі.

До антропогенних факторів належать усі види створюваних технікою і безпосередньо людиною впливів, які пригнічують природу: забруднення (внесення в середовище нехарактерних для нього нових фізичних, хімічних чи біологічних агентів або перевищення наявного природного рівня цих агентів); технічні перетворення й руйнування природних систем ландшафтів (у процесі добування природних ресурсів, будівництва тощо); вичерпання природних ресурсів (корисні копалини, вода, повітря та ін.); глобальні кліматичні впливи (зміна клімату в зв'язку з діяльністю людини); естетичні впливи (зміна природних форм, несприятливих для візуального та іншого

сприймання) [4, 17, 19].

Вплив людини на природу може бути як свідомим, так і стихійним, випадковим. Він має небажаний характер, наприклад, непродумане розселення рослин і тварин у нові ареали (інтродукція), винищення окремих видів, внаслідок чого зменшується видовий склад флори і фауни. Разом з тим, на основі знань законів розвитку природи, людина свідомо виводить нові високопродуктивні сорти, породи, усуває шкідливі види, формує нові біоценози. До антропогенних впливів, які оптимізують екосистеми, є належать: інтродукція, фітомеліорація, створення і збереження заповідних територій, біологічні методи боротьби зі шкідниками та хворобами тощо.

Особливої шкоди природі завдають урбогенні та техногенні процеси, які часто діють спільно. Великі міста, як правило, мають промислові зони, транспортні магістралі, щільну забудову і, таким чином, утворюють великі площі мертвої підстилаючої поверхні, яка акумулює додаткове тепло. Газові викиди над містами погіршують якість життєвого середовища, роблячи його шкідливим для здоров'я людей [19].

6. Вплив екологічних факторів на організм людини

Людина є частиною природи, і фактори середовища впливають на неї так само, як і на будь-який інший вид. Навіть за відсутності антропогенного впливу здоров'я людини залежить від багатьох абіотичних і біотичних факторів. Вихід значень тих або інших факторів за межі діапазону оптимуму погіршує стан людини, знижує її стійкість та опірність до різноманітних захворювань. Абіотичні фактори, що впливали на людину в минулому, продовжують впливати й сьогодні.

Вплив Сонця на здоров'я людини було помічено ще в глибоку давнину. Сплески сонячної активності призводять, з одного боку, до ослаблення імунітету, з іншого – до підвищення агресивності патогенів і природних носіїв інфекцій. Отже, зростає ймовірність інфекційних захворювань, у тому числі тих, що мають характер епідемій, зокрема грипу, холери, дизентерії.

Інший фактор – *рівень ультрафіолетового випромінювання*. Саме він протягом майже всієї історії розвитку біосфери визначав частоту мутацій. У невеликих дозах ультрафіолет необхідний для еволюції біосфери: мутації створюють генетичну різноманітність популяцій і тим самим забезпечують матеріал для природного добору.

Для людини ультрафіолет у невеликих дозах корисний: він має антисептичну й бактеріостатичну дію, запобігає запальовальним процесам у волосяних сумках, пригнічує розвиток хвороботворних грибків, що викликають захворювання шкіри – дерматомікози. У великих дозах ультрафіолетове опромінення небезпечне: воно спричинює здебільшого шкідливі мутації (так, одна корисна мутація припадає приблизно на кілька тисяч летальних). Надмірне опромінення підвищує ймовірність розвитку злоякісних утворень – раку, саркоми, лейкозу.

Із кліматичними факторами тісно пов'язані функціональний стан і захисні реакції організму, а також мотивація поведінки. Це, своєю чергою, визначає ймовірність виникнення цілої низки захворювань, зокрема психічних розладів.

За надміру високої температури пригнічується фізична активність людей, збільшується ймовірність захворювань серцево-судинної системи й нирок. Низька температура зумовлює розвиток запалення органів дихання та ревматизму. Вважають, що низька температура й відносна вологість повітря, менша за 50 %, сприяють виживанню й поширенню вірусу грипу. Особливо небезпечні *раптові коливання температури*, що призводять до порушення діяльності серцево-судинної системи та психічних розладів. Вплив температури посилюється в умовах підвищеної вологості.

Зміни атмосферного тиску позначаються на стані здоров'я насамперед тих людей, які хворі на артрити й артрози (захворювання, що супроводжуються болями в суглобах та зміною їхньої форми).

На нервову систему людини та її психічний стан істотно впливають *вітри*. Через поривчасті й жаркі суховії різко частішають випадки ненормальної поведінки людей. Багатьох людей уражає пов'язана з вітрами «фенна» хвороба, коли за 1 – 2 дні до початку вітрів у крові й тканинах збільшується вміст біологічно активної речовини серотоніну, який впливає на передавання нервових імпульсів [4].

Стан здоров'я людини значно залежить і від нестачі або надлишку у довкіллі тих чи інших хімічних елементів і речовин. Захворювання, пов'язані з регіональними едафічними (грунтовими), гідрологічними чи епідеміологічними особливостями, дістали назву *ендемичних хвороб* (тобто властивих певним регіонам).

Наприклад, дефіцит йоду у воді й продуктах харчування спричинює захворювання щитоподібної залози, нестача кальцію – ламкість кісток, нестача кобальту чи заліза – анемія.

До найважливіших біотичних факторів, які впливають на здоров'я людини, належать ті з них, що визначають санітарно-епідеміологічну ситуацію. Згідно з ученням про природні осередки інфекцій, збудники багатьох хвороб зберігаються в довкіллі через їх розвиток у диких тваринах-хазяїнах. Наприклад, збудник туляремії (гостре інфекційне захворювання) може нескінченно довго передаватися від покоління до покоління в популяціях норки, а за сприятливих умов – заразити людину. Природні осередки інфекцій пов'язані з певними біогеоценозами, й у цих біогеоценозах збудники, переносники й тварини-хазяї еволюціонують разом, пристосовуючись одне до одного. При цьому збудник зазвичай не знищує хазяїна. Саме такий характер мають природні осередки чуми, туляремії, жовтої гарячки, малярії, вірусного гепатиту, кліщового енцефаліту. Переносниками багатьох таких хвороб є комахи-кровососи – москїти, комарі, блохи, кліщі. Збудники деяких інфекційних захворювань (наприклад, сказу, холери, лептоспірозу, бруцельозу) не мають переносника.

У природі хвороботворні організми відіграють дуже важливу роль обмежувачів надмірного розвитку популяцій. Тільки-но якась популяція починає вибухоподібно зростати, на неї відразу ж накладаються численні хвороботворні віруси, бактерії, найпростіші, гриби. Людина до останніх двох століть не була винятком: у давніх і середньовічних містах епідемії були частими гостями. Прикладом може слугувати «чорна смерть» – чума.

На здоров'я людини значний негативний вплив здійснюють не лише фактори природного походження, а й фактори зумовлені випадковою або навмисною діяльністю самої людини. Різноманітність засобів, якими вона руйнує своє здоров'я й генофонд, не може не вражати: отрутохімікати й побутова хімія, важкі метали й пластмаси, наркотики й тютюн, шум та електромагнітні поля, радіація й кислотні дощі, біологічна й хімічна зброя, промислові відходи, нафта й багато іншого. Кількість антропогенних факторів не підлягає облікові й повній класифікації.

Людина дослідила вплив на себе лише декількох груп створених нею факторів і тільки умовно виокремила кілька їх категорій, які вважаються провідними. Сьогодні до таких «найвпливовіших» факторів належать: **хімічні** – пестициди (отрутохімікати), мінеральні добрива, важкі метали, сильнодіючі отруйні промислові речовини, дими (в тому числі тютюновий), будівельні матеріали й побутова хімія; **фізичні** – шум, електромагнітне випромінювання та радіація [4].

Внаслідок дії несприятливих факторів середовища у людей можуть виникати наступні патологічні стани: отруєння (токсикози), алергічні реакції, злоякісні пухлини, спадкові хвороби, вроджені аномалії.

7. Основні закони та принципи факторіальної екології

Вплив лімітуючи факторів на організм. Закон мінімуму.
Ю. Лібіх, який першим почав вивчати вплив різноманітних факторів на ріст рослин, у 1840 р. висловив таку ідею: *витривалість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі екологічних потреб*. Вчений встановив, що врожай зерна часто лімітується не тими поживними речовинами, які вимагаються рослиною у великих кількостях, наприклад, вуглекислим газом і водою (оскільки цих речовин є доволі), а тими, які вживаються у невеликих кількостях (наприклад, Бор), але яких мало і в ґрунті.

Висунутий Ю. Лібіхом принцип: *«речовиною, що є в мінімумі, керується врожай і визначається величина і стійкість останнього в часі»*, – став відомим з того часу, як і лібіхівський закон «мінімуму». Багато дослідників (зокрема, Тейлор) розширили це положення, включивши до нього, окрім поживних речовин, ряд інших факторів, наприклад, температуру (мінімальна температура морозостійкості чи зимостійкості).

Ю.Одум, який багато уваги приділяв проблемам лімітуючих факторів, запропонував, щоб уникнути плутанини, обмежити концепцію мінімуму, використовуючи її, як це робить Ю. Лібіх, лише до хімічних речовин (Оксигену, Фосфору, Хлору, Бору тощо), які необхідні для росту і розмноження організму. Інші фактори разом з фактором максимуму Ю. Одум вважає доцільним включити в «закон толерантності». Обидві ці концепції об'єднуються в загальний *принцип лімітуючих факторів*. Отже, «закон мінімуму» – це лише один аспект залежності організму від середовища [3, 19].

Принцип екологічної толерантності. Як показав Ю. Лібіх, лімітуючим фактором може бути не лише нестача, але і надлишок таких факторів, як тепло, світло, вода, поживні речовини. Таким чином, життєвість організмів характеризується *екологічними мінімумом і максимумом*. Діапазон між цими двома величинами називають межею екологічної толерантності.

Поняття про лімітуючий вплив максимуму ввів В. Шелфорд

(1913), який і сформулював *закон толерантності* – стійкості живих організмів до дії факторів середовища. Після появи цього закону вченими було проведено чимало дослідів, завдяки яким вдалося встановити межі існування багатьох видів тварин і рослин. Більшість біологічних видів пристосовані не до визначених величин даного фактора, а до меж його мінливості в природі, а також до його тимчасових флуктуацій (коливань). Як відомо, дуже теплолюбні види, які живуть в помірному кліматі, здатні переносити циклічні повторення холоду завдяки відповідним фізіологічним або суто екологічним адаптаціям (пристосуванням) [4, 19].

Ю.Одум наводить ряд положень, які доповнюють закон толерантності:

1. Організми можуть мати широкий діапазон толерантності стосовно одного фактора і вузький стосовно іншого.

2. Організми з широким діапазоном толерантності до всіх факторів, як правило, вирізняються великою розповсюдженістю в природі.

3. Якщо умови за одним фактором не оптимальні для виду, то можна звужити і діапазон толерантності до інших екологічних факторів.

4. В природі організми дуже часто потрапляють в умови, які не відповідають оптимальному значенню того чи іншого фактора, виявленого в лабораторії, і тоді в ролі компенсуючого виступає якийсь інший фактор (або фактори). Наприклад, деякі тропічні орхідеї при охолодженні краще ростуть в умовах яскравого сонячного освітлення. Як відомо, в природі вони люблять затінені водоймища, оскільки не переносять прямого сонячного опромінення.

5. Період розмноження організмів є звичайно критичним. У цей час чимало факторів стає лімітуючими. Межі толерантності для особин, які розмножуються з насіння, яєць, ембріонів, звичайно вужчі, ніж для дорослих рослин чи тварин. Наприклад, сіянці в розсаднику бояться як заморозку, так і перегріву, для дорослого дерева чи куща ці температурні зміни не є шкідливими. Кислі дощі, як свідчать дані канадських вчених, є шкідливими для ембріонів багатьох видів риб, тоді як дорослі особини переносять значне підкислення води.

Як дуже високі (максимальні), так і дуже низькі (мінімальні) значення факторів середовища можуть бути згубними для організму. Порогове значення даного фактора, вираженого в цифрах, за межами якого організм не може існувати, *називають критичною точкою*. Між цими критичними значеннями і розташована *зона екологічної*

толерантності (рис. 2.5).

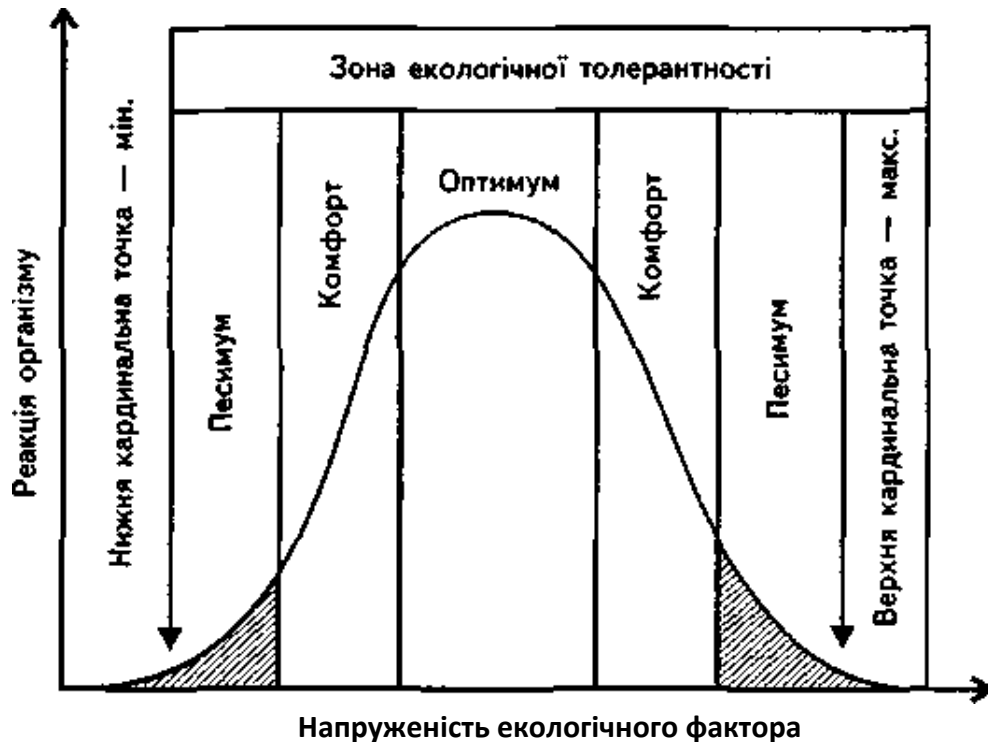


Рис. 2.5. Стосунки у діапазоні екологічної толерантності [19].

У межах зони екологічної толерантності напруженість факторів середовища є різною. Поряд з критичними точками розташовані *песимальні зони*, в яких активність організму значно обмежена дією зовнішніх умов. Далі розташовані *зони комфорту*, в яких спостерігається чітке зростання екологічних реакцій організму. В центрі знаходиться *зона оптимуму*, яка є найсприятливішою для функціонування організму.

В одних видів зона толерантності дуже широка (сосна, береза, осокір), в інших — вузька (вільха чорна, бук, ясен, бузина). Види з широкою зоною толерантності, які можуть жити при різних значеннях фактора, називають *еврибіонтами*. Організми, життєві можливості яких обмежені вузьким діапазоном змін даного фактора, називають *стенобіонтами*.

До одного із важливих принципів факторіальної екології також належить **принцип конкурентного витіснення Гаузе**, в основу якого покладено такий тип взаємодії між живими організмами як конкуренція. Конкуренція в широкому розумінні — це взаємодія, яка зводиться до того, що один організм споживає ресурс, який міг би бути доступним для іншого організму.

Міжвидова конкуренція — це активний пошук представниками

двох або декількох видів одних і тих самих кормових ресурсів середовища місцезростання рослин або проживання тварин.

Конкуренція між двома видами тим сильніша, чим вони ближчі між собою. Два види із абсолютно однаковими потребами не можуть існувати разом: один з них через деякий час обов'язково буде витіснений. Це положення було перетворено в закон, відомий під назвою *принципу Гаузе*, або *принципу конкурентного витіснення* [19].

Завдання для самостійної роботи студентів:

1. Значення видової різноманітності для стійкості екосистем різних рівнів.
2. Основні причини виникнення глобальних екологічних проблем.
2. Вплив антропогенного забруднення на довкілля.
3. Прямі та опосередковані фактори вимирання видів рослин і тварин.
4. Фактори урбанізованого середовища.
5. Масштаби урбанізації в світі та в Україні.
6. Вплив урбанізованого середовища на деградацію біосфери.

ЕКОЛОГІЯ ПОПУЛЯЦІЙ

Основні питання:

1. Поняття про популяцію. Нерівноцінність та ієрархія популяцій.
2. Структура популяції.
3. Динамічні показники популяції.
4. Типи взаємовідносин між популяціями.

1. Поняття про популяцію.

Нерівноцінність та ієрархія популяцій

Живі організми, які населяють нашу планету не можуть існувати ізольовано. Вони об'єднуються в певних місцевостях у групи, що називаються популяціями.

Слово «популяція» походить від латинської «популюс» – народ, населення. Термін «популяція» запозичений з демографії В. Іогансеном у 1905 р. – це група особин одного виду, які здатні до вільного схрещування, населяють певний простір протягом життя багатьох поколінь і відокремлені від інших подібних угруповань. До параметрів популяції належать: чисельність, щільність, народжуваність, смертність, структура (вікова, статева, просторова, ієрархічна). Популяція є тією системою, з якої й розпочинається, власне, екологія організмів будь-якої екосистеми та першою надорганізмовою біологічною системою.

Кожна популяція має притаманний лише їй склад особин: до неї входять групи генетично різнорідних (рідко однорідних) особин, а також їх об'єднань біотипів одного виду. Вона займає певну територію і деякою мірою ізольована від сусідніх популяцій. Характерною рисою популяцій є взаємозв'язок між організмами в популяції, а також із навколишнім середовищем. Таким чином, популяція являє собою своєрідну структурно визначену і функціонально активну біологічну систему. Розглянемо детальніше, як формується популяція, яка її структура і яку роль вона відіграє в природі та практичній діяльності людини.

Популяція становить самостійний рівень організації у природних системах і є складовою систем вищого рангу (у даному випадку –

екосистем). Будучи самостійною сукупністю, вона не є абсолютно ізольованою, а взаємозв'язана з іншими популяціями і утворює з ними динамічну систему існування виду зокрема і фітоценозу взагалі.

Популяція є елементарною еволюційною одиницею складової системи виду і як така відображає генетико-еволюційний і еколого-фітоценотичний шляхи його розвитку. Вона служить сховищем генофонду і здатна забезпечити розвиток виду в мінливих екологічних умовах середовища. Становлення і генезис популяції обумовлюється такими властивостями: здатність до адаптації в нових умовах місцезростання; взаємодія особин у системі виду; функціональна активність та здатність забезпечити кругообіг між різними видами.

Російський вчений В.М. Беклемішев (1960) звернув увагу, що на стан і самодіяльність популяції значною мірою впливають не лише ті явища, які відбуваються всередині даної популяції, але і в сусідніх популяціях. На цій підставі він виділив ряд популяцій:

1. *Незалежна популяція* характеризується достатнім потенціалом народжуваності, який дає змогу поповнювати втрати чисельності і довго існувати без міграції особин ззовні.

2. *Напівзалежна популяція* може існувати лише завдяки розмноженню власних особин в умовах низької чисельності. Імміграція особин ззовні відчутно впливає на наслідки заселення.

3. *Залежною* стає популяція тоді, коли народжуваність не покриває втрат чисельності. Така популяція не може існувати без імміграції особин ззовні.

4. *Псевдопопуляція* – це група особин певної популяції, яка не має змоги розмножуватись у даному місці. Такі популяції утворюються завдяки міграції особин із сусідніх угруповань і можуть існувати досить довго, беручи участь у біоценотичних процесах, однак без можливості поширення. Такими є популяції стеногалітів – організмів, які надзвичайно чутливі до концентрації солей у водному середовищі.

5. *Періодична* – популяція з'являється в незаселених біотопах або поза межами радіуса даного виду впродовж кількох місяців або навіть кількох років. Її існування пов'язане з періодичним виникненням сприятливих умов середовища.

6. *Геміпопуляція*, тобто напівпопуляція, в якій виразно виступає відмінність життєвих вимог у різних фазах життєвого циклу, а окремі особини займають різне місце в природі. Наприклад, личинки комара живуть у водоймищах, тоді як дорослі особини – в лузі. Аналогічно різно-просторова схема життєдіяльності травневого хруща, личинка

якого розмножується і живе в ґрунті, а сам хрущ – у кронах дерев, де виступає в ролі фітофага [19].

Запропонована В. М. Беклемішевим класифікація категорій популяцій розкриває функціональні особливості популяційних комплексів, їх розвиток у просторі й часі. Міграція виду на території, не зайняті популяцією, є прикладом вищої організації живої природи, яким є біологічний вид.

Залежно від розмірів території, яку займають популяції російський вчений М. П. Наумов (1963) запропонував концепцію їхньої ієрархії:

1. *Елементарна* (локальна) популяція – сукупність особин виду, які населяють невелику ділянку однорідної площі. Кількість таких популяцій пропорційна різноманіттю умов біогеоценозу.

2. *Екологічна* популяція – сукупність елементарних популяцій, тобто видів угрупування, приурочені до конкретних біогеоценозів (грабових бучин, дубово-грабових суббучин).

3. *Географічна* популяція – сукупність груп особин попереднього рангу, які заселяють значну територію з географічно однорідними умовами середовища. У межах останнього спостерігається єдиний ритм життєвих явищ та інші функціональні особливості, що створюють морфо-фізіологічний тип, який відрізняє дану популяцію від сусідніх, котрі перебувають у інших географічних умовах (генотип бука: рахівський, розточанський, кам'янець-подільський та ін.).

Можна виділити такі варіанти розподілу популяцій за екосистемами: в декількох сусідніх екосистемах існує одна популяція виду (популяція бука лісового в різних типах лісу – від бучин до суббучин); в одній екосистемі існує лише одна популяція виду (чорновільшаник з вільхою чорною); в одній екосистемі співіснують декілька популяцій видів (в бучині трапляються популяції граба, клена, явора, липи, горобини тощо). Для популяцій тварин характерним є те, що від першого до третього варіанта розподілу звичайно зменшуються розміри тіла виду, а отже, і розміри площ, які займає популяція. Наприклад, популяція благородного оленя може заселяти декілька лісових екосистем, а один вид ґрунтових амеб або інфузорій представлений в екосистемі багатьма популяціями. Всі особини одного типу, представлені в екосистемі, утворюють один *екотип*, який може складатися із частини популяції, з однієї популяції або з декількох популяцій. Кожна популяція займає один *популяційний* простір [19].

2. Структура популяції

Вивчення популяційної структури виду має надзвичайно важливе значення при здійсненні заходів з раціонального природокористування, адже важливо знати загальні біологічні властивості виду, а також як впливає зовнішнє середовище на його формування. Знання екології популяцій особливо необхідні під час впровадження інтродукції. Досвід попередніх років показує, що навіть «корисні» види, їхня інтродукція можуть призвести до повної перебудови екосистеми та зникнення аборигенних видів. При дослідженні популяції, проводиться аналіз її стану у минулому та прогнозуються зміни під впливом різних факторів [17].

Упродовж свого тривалого життя популяція займає певну територію і зберігає якусь середню статистичну кількість особин. Тому, приступаючи до вивчення популяції, насамперед намагаються визначити чисельність і щільність особин, тобто визначити ці два показники стану популяції, які свідчать про ступінь її впливу на екосистему в цілому і функціональну значимість.

Чисельність популяції – загальна кількість особин на даній території або в даному об'ємі (води, ґрунту, повітря), які належать до однієї популяції. Розрізняють неперіодичні (такі, що рідко спостерігаються) і періодичні (постійні) коливання чисельності популяцій.

Щільність популяції – середня кількість особин на одиниці площі чи об'єму. Розрізняють середню й екологічну щільності. Середня щільність – це кількість особин (або біомаса) на одиницю всього простору.

Екологічна щільність – кількість особин (або біомаса) на одиницю заселеності простору (тобто доступної площі або об'єму, які фактично можуть бути зайняті популяцією). При зростанні чисельності щільність популяції не збільшується лише у випадку її розселення та розширення ареалу.

Максимальною щільністю особин популяції вважається така, яка вже не може підтримуватися екосистемою. Мінімальна щільність особин на певній території не дає можливостей для їх розмноження, а отже, для існування цієї популяції в екосистемі [19].

Для будь-якої популяції властива певна організація. Розподіл особин на території, співвідношення груп за статтю, віком, морфологічними, фізіологічними і генетичними особливостями формують **структуру популяції**. Вона утворюється на основі загальних біологічних властивостей виду та під впливом абіотичних факторів

середовища й популяцій інших видів.

Виділення структурних елементів популяції дає змогу проводити ефективніший аналіз стану популяції того чи іншого виду. Особливо це стосується видів, які перебувають у стані волі, але експлуатуються людиною.

Простір, в межах якого існує певний вид називається *ареалом*. Ареали можуть мати різний вигляд (форму) та змінюватися в часі під впливом як природних факторів, так і в результаті господарської діяльності людини. Для більшості видів живих організмів (прикріплені організми – гриби, рослини, деякі тварини; мікроорганізми тощо), що постійно населяють одну і ту саму територію, визначення видового ареалу досить чітке та однозначне.

Дещо складніше з встановленням ареалу для тих організмів, які переміщуються в просторі протягом різних сезонів. Білі лелеки, наприклад, які гніздяться в Україні, зустрічаються тут тільки протягом декількох місяців на рік. Решту часу вони проводять, перелітаючи на місцях зимівлі у Центральній та Південній Африці. Тому у поняття ареалу також необхідно включати перелітні шляхи мігруючих птахів.

Закономірне розміщення особин даної популяції у просторі в певний період часу її існування називають *просторовою структурою* [14, 19].

У рослинних угрупованнях просторова структура популяцій виявляється через характерне розміщення особин даного виду: вони можуть траплятися поодиноці, парами, групами або ж скупченнями. Їх розміщення залежить від біологічних особливостей виду, стадії розвитку популяції, умов місцезростання. Відносно ж тварин, то тут важливим фактором є пора року (лялечка зимує в лісовій підстилці, гусениця живе в кроні дерева).

Розподіл особин популяції може бути таким:

1. *Рівномірний* – розподіл, де між особинами спостерігається дуже сильна конкуренція або існує антагонізм, який сприяє рівномірному розподілу в просторі.

2. *Груповий* – розподіл, при якому особини в популяції намагаються утворити групи певного розміру. Деколи така структура нагадує випадковий розподіл. Такий розподіл зустрічається досить часто при утворенні пар, скупчень.

3. *Випадковий розподіл* у природі зустрічається дуже рідко, тільки в тих випадках, коли середовище однорідне, а організми не намагаються об'єднатися в групи.

Будь-яке із таких формувань має велике біологічне та екологічне значення. В особин, які об'єднуються у певну групу, у порівнянні з самотніми особинами, спостерігається зниження смертності, адже групи можуть протидіяти несприятливим умовам середовища.

Важливою ознакою просторової структури популяції є здатність особини займати певну ділянку, яка є індивідуальною ознакою і для кожного виду різна. Підтримання меж ділянки досягається завдяки територіальності. Вважається (за Ю.Одумом), що *територіальність* – це будь-який метод підтримання меж ділянки, яка необхідна для повноцінного функціонування особини. Існують різні механізми підтримання територіальних меж. У нижчих рослин і тварин це переважно *алелопатія*, у вищих тварин – *захист території*. Прикладом територіальності може бути спів птахів. Явище територіальності сприяє регуляції чисельності популяції на рівні, який є нижчим від рівня насичення. При збільшенні щільності включаються регулюючі механізми – зниження репродуктивної активності, агресивність, безпліддя тощо.

Вікова структура – це закономірне співвідношення різних вікових груп популяції. При аналізі вікових категорій виявляється, що дане явище має певну закономірність і стосується переважно організмів, яким властиве статеве розмноження. Разом з тим, реально існуючими є і одновікові популяції штучних систем - агроєкосистем де людина висіваючи певні культури, створює одновікові популяції. У природі (при врахуванні віку насіння) такого не існує. Порушення вікової структури призводить до зниження репродуктивних властивостей популяції і, як наслідок, зниження чисельності [15, 19].

Загалом вік особин у популяції можна розділити на три періоди: дорепродуктивний, репродуктивний, пострепродуктивний.

У рослин виділяють чотири періоди розвитку особини: 1) латентний — період первинного спокою – у вигляді насіння і плодів; 2) віргінільний – від проростання насіння до утворення генеративних органів; 3) генеративний – період розмноження насінням, спорами; 4) сенильний – період, коли рослини втрачають здатність до генеративного розмноження [14, 19].

Одним із основних факторів, які впливають на динаміку популяції, є відсоток особин, які гинуть до досягнення ними статевої зрілості. Для того щоб чисельність популяції «лишалась сталою», в середньому тільки два нащадки кожної пари мають доживати до репродуктивного віку.

Більшість тварин та рослин старіють, що проявляється у зменшенні кількості особин після досягнення репродуктивного періоду. Причинами цього явища є велика кількість факторів, але, як правило, в пострепродуктивний період організм поступово втрачає свою захисну здатність.

Статева структура. Співвідношення чоловічої і жіночої статей в популяції має важливе екологічне значення, оскільки воно безпосередньо пов'язане із потенціалом її розмноження, а отже, впливом на життєдіяльність усієї екосистеми. Розрізняють одностатеві і двостатеві структури популяції.

Одностатеві популяції складаються лише з жіночих особин і розмножуються партеногенезом (розвиток яйцеклітини відбувається без запліднення: бджоли, тлі, коловертки, багато спорових і насінневих рослин). У природі поширеніші двостатеві популяції. У тваринному світі переважають роздільностатеві види, зрідка трапляються і в рослин (тополі, мохи). Гермафродитизм (наявність в одного організму чоловічих і жіночих органів розмноження) характерний для безхребетних та вищих рослин [19].

Співвідношення статей – це відношення кількості самців до кількості самок або кількості самців до загальної кількості самців і самок. Теоретично співвідношення статі однакове – 1:1, але в природі таке рідко зустрічається.

Показники співвідношення статі є індивідуальною характеристикою популяцій різних видів. Статева структура перебуває у взаємозв'язку з віковою структурою. Тобто, якщо розмежуємо популяцію за віком, то різні вікові групи будуть представлені різним співвідношенням статі.

У дорепродуктивний період воно близьке до співвідношення 1:1, але в репродуктивний період воно наближається до співвідношення 1:3 і в пострепродуктивний період близьке 1:1 [14, 15].

Основна функція підтримання чисельності особин покладена на особин репродуктивного періоду. Завдяки цьому забезпечується відносна сталість чисельності популяції. Зростання чисельності популяції може відбуватись при збільшенні кількості особин репродуктивного віку, але в подальшому в такій популяції, в певний період свого існування, буде відбуватися затримка росту чисельності, зростання смертності і тільки у результаті встановлення оптимального співвідношення статі чисельність особин даної популяції буде коливатись в певних межах.

Також будь-яку популяцію можна розмежувати за ієрархічною ознакою, бо кожна особина в популяції виконує свою, тільки їй властиву функцію. Ієрархія популяції проявляється у формі організації популяції: *поодинокий спосіб життя, сімейний спосіб життя, зграя, стадо, колонія, прайд*. Згідно з К.Лоренцом – ієрархія популяції побудована на принципі домінантності та підпорядкованості. Знання ієрархічної структури популяції дає людині можливості управління популяцією, а вивчення структури популяцій є основою для раціонального природокористування. Контроль за основними показниками популяцій у навколишньому середовищі дозволяє експлуатувати біоресурс без істотних змін чисельності особин. Слід відзначити, що в багатьох випадках аналіз структури популяції виду є недостатнім і, як наслідок, відбувається перевикористання популяції та реконструкція екосистеми.

3. Динамічні показники популяції

Однією з основних концепцій популяційної екології є концепція саморегуляції. Суть її полягає в тому, що у популяції існують механізми зворотного зв'язку і вплив зовнішнього середовища на динаміку популяції відбувається через ці механізми. Дані механізми надто різноманітні і мають різну природу: поведінкову, генетичну, фізіологічну та в результаті ведуть до зміни її демографічних характеристик. При цьому реакція популяцій на зміни залежить від зовнішніх параметрів середовища. При зниженні чисельності популяції зменшуються можливості обміну генетичною інформацією, що призводить до зниження життєздатності. Отже закономірності її динаміки чисельності мають дуже важливе значення. У кожний конкретний момент будь-яка популяція складається з певної кількості особин, але ця величина не є сталою, а динамічною. Вона залежить від народжуваності і смертності у популяції, а також від міграції особин [14, 19].

Народжуваність – кількість нових особин, які з'явилися за одиницю часу у процесі розмноження.

Смертність – кількість особин, які загинули за одиницю часу.

Відтворення потомства – це головне джерело поповнення популяції, наприклад, у рослин – це кількість насіння, у риб – ікринок. Кількість організмів, на яку збільшується популяція за певний проміжок часу називають *швидкістю росту чисельності популяцій*.

Експериментальні дослідження росту чисельності особин у популяції дали змогу виділити три фази: а) росту (збільшення чисельності популяції за певний проміжок часу); б) спаду (зменшення чисельності популяції за певний проміжок часу); в) рівноваги (за певний проміжок часу середня чисельність популяції залишається на одному рівні).

Швидкість зростання популяції забезпечується біотичним потенціалом. **Біотичний потенціал** – це кількість нащадків, яку здатна дати одна материнська особина. В одних видів біотичний потенціал може перевищувати мільярд, у інших – десятки. Види, що живуть у сприятливих умовах і добре пристосовані до виживання, мають низький біотичний потенціал; і навпаки, висока смертність зумовлює надзвичайну плодовитість. Для стабілізації чисельності популяцій достатньо, щоб до розмноження доживало стільки нащадків, скільки було батьків. Якщо відсоток виживання вищий за відсоток рівноваги, популяція зростає, якщо нижчий – зменшується. Цей фактор враховується при охороні зникаючих видів. Чисельність будь-якої популяції залежить від впливу дії біотичних і абіотичних факторів.

Загалом виділяють чотири типи динаміки чисельності популяції: показниковий, логістичний (гіперболічний), циклічний та стабільний.

Показниковий тип динаміки чисельності характеризується інтенсивним зростанням у формі геометричної прогресії і може відбуватися від кількох місяців (сезону) до року і навіть десятиліть. Після максимуму кількість особин зменшується.

Логістичний тип характеризує популяцію, яка лише заселяє територію. Популяція проходить фазу росту до моменту опанування середовища, а потім переходить до стадії рівноваги. Цей тип кривої добре ілюструє ріст чисельності мухи-дрозофіли, а також людини і багатьох ссавців.

Циклічний тип характеризує динаміку чисельності популяцій, яка регулярно повторюється під впливом циклічних змін у середовищі його існування (коливання температури, підтоплення, сніжні або безсніжні зими тощо). Серед екологів немає повної згоди у питанні про причини циклічних коливань чисельності, оскільки ці коливання надто упорядковані, щоб їх можна було відносити на рахунок одних лише змін у середовищі. Найвірогіднішим є пояснення, згідно з яким цикли пов'язані із взаємодією хижак-жертва.

Стабільний тип охоплює популяції, які розвиваються в сталих умовах середовища і мають налагоджений механізм регулювання

чисельності. Вважають, що відносна стабільність в угрупованнях є наслідком функції популяцій окремих видів і невеликих груп контактуючих видів, а не видового багатства усього угруповання [19].

Слід відзначити, що процес коливання чисельності безперервний і може змінюватися в часі як наслідок адаптаційних змін. Зникнення цього явища можливе тільки у зв'язку зі зникненням виду. Питання динаміки популяцій є основою для розуміння динаміки угруповання, екосистеми, біосфери в цілому.

При вивченні розмірів популяцій і їхніх змін завжди намагаються встановити фактор, який відповідає за найбільшу частину змін, які відбуваються при зміні поколінь. Як правило, цей ключовий фактор впливає на смертність, а коливання розмірів популяції проходить не хаотично. Насправді є ряд факторів, які підтримують стан популяції в певних межах. Ними є ті фактори, які регулюють чисельність і сприяють смертності та найкраще діють при збільшенні щільності популяції. Такими факторами можуть бути недостатня кількість їжі, збільшення кількості ворогів, тощо.

4. Типи взаємовідносин між популяціями

До основних типів взаємодій між популяціями, які здатні породжувати природний відбір можна віднести конкуренцію, хижацтво, паразитизм і мутуалізм.

Конкуренція – це такі взаємовідносини між організмами в межах однієї популяції або між різними популяціями, що зумовлені, використанням ними якимось певного ресурсу (їжі, простору, води, світла тощо). Якщо конкуруючі організми належать до одного виду, то взаємовідносини між ними називають *внутривидовою конкуренцією*, якщо ж вони належать до різних видів, то їх взаємовідносини називають *міжвидовою конкуренцією*. В обох випадках ресурс, який споживається однією особиною, не може бути використаний іншою [14, 19].

Наприклад, коли лисиця спіймає кролика, то для інших лисиць з популяції хижака стає однією порцією корму менше, причому не лише для лисиць, але й для рисі, яструбів та інших хижаків, які також полюють на кроликів. Отже, обидва визначення базуються на одній концепції: внутривидова і міжвидова конкуренція призводить до збіднення якогось ресурсу, незалежно від того, хто його споживає.

Розрізняють чотири основні ознаки внутривидової конкуренції. По-перше, при внутривидовій конкуренції ресурс, за який особини

борються, має бути обмеженим. У зв'язку з цим створюється ситуація для експлуатаційної й інтерферентної конкуренції. Перша полягає в тому, що всі особини одночасно експлуатують ресурси, але кожна з них використовує те, що залишилося від конкурента. У другому випадку одна особина не дає іншій зайняти існуюче місцезростання і використати її ресурси.

По-друге, конкуруючі особини одного і того ж виду не є рівноцінними. Наприклад, сильний ранній росток може затінити низькорослий екземпляр, який з'явився раніше.

По-третє, вплив конкуренції на будь-яку особину тим сильніший, чим тісніша взаємодія конкурентів. Отже, слід вважати, що наслідки внутривидової конкуренції залежать від щільності.

По-четверте, кінцевим наслідком конкуренції є зменшення вкладу особини в наступне покоління, тобто порівняно з тим вкладом, який міг би бути зроблений за відсутності конкурентів. Виходячи з цього положення будують прогностичні моделі розвитку популяції.

Важливу роль у еволюції кожної окремої популяції відіграла міжвидова конкуренція за існування. Для кращого її розуміння варто зупинитися на таких поняттях, як співіснування і конкурентне виключення, екологічне заміщення видів, екологічна компресія і вивільнення, співіснування і розподіл ресурсів, а також еволюційна дивергенція.

Співіснування і конкурентне виключення – одне з надзвичайно цікавих і слабо вивчених екологічних явищ. Спостерігаючи за життям рослинного і тваринного світу, ми частіше стаємо свідками того, як співіснують види, а не як вони борються за існування. На Шацьких озерах, що на Волині, поряд плавають зі своїми виводками кілька видів крижнів, дикі гуси, лебеді, які живляться рибою. Насправді це далеко не так: конкурентна боротьба за використання ресурсів, а отже, за існування точиться безперервно, але в природі вона не так помітна, як в умовах лабораторії.

Екологічне заміщення видів можна спостерігати на прикладі з мучним хрущиком. Коли два види цього жука (*T. costaneum* і *T. coninum*) вирощувати разом у пшеничному борошні, то при невисокій температурі і низькій вологості *T. costaneum* витісняє *T. coninum*, а в теплому і вологому середовищі *T. costaneum* сам виявляється витісненим. Отже, вид може проявити конкурентну здатність в субоптимальних умовах за присутності іншого виду.

Екологічне вивільнення і екологічна компресія явища протилежні

за своїм змістом. *Екологічне вивільнення* полягає в усуненні конкурента і одержанні таким чином додаткових ресурсів. Наприклад, при вирубуванні відсталих у розвитку та небажаних видів дерев створюються сприятливі умови для цінних видів.

Екологічна компресія зумовлена введенням конкурента. Явища екологічної компресії часто спостерігаються на віддалених від материка островах з їх обмеженим видовим складом як рослин, так і тварин. Коли сюди потрапляють види, які були витіснені з материка, вони швидко адаптуються до нових умов місцезростання з незначною різноманітністю конкурентів і швидко поширюються (кролі і кактуси в Австралії).

Співіснування і розподіл ресурсів спостерігається коли види уникають екологічного перекриття, розподіляючи між собою наявні ресурси відповідно до їх розмірів і форми, хімічного складу, місця, де вони трапляються, а також їх сезонності. Так, птахи різних видів одного роду можуть одночасно гніздитися на різних частинах одного дерева.

Еволюційна дивергенція. При співіснуванні подібних видів міжвидова конкуренція сприяє розвитку екологічної дивергенції (роз'єднання), яка зменшує можливості перекриття під час використання ресурсів.

Про еволюційну дивергенцію можна говорити в тих випадках, коли вид у присутності конкурента виявляє зовнішні ознаки або особливості поведінки, які відрізняються від таких в умовах відсутності конкуренції. Це явище, яке називають зміщенням ознак (наприклад, різні розміри дзьоба), ще раз свідчить, що конкуренція може зумовити еволюційну дивергенцію.

Хижацтво. Якщо конкуренція проявляється у взаємному впливі конкуруючих видів, то хижацтво – це односторонній процес, який характеризує стосунки між хижаком і жертвою.

Хижак – це тварина або рослина, які полюють на жертву і її поїдають. Як правило, вони мають широке коло живлення, можуть мобільно переключатися з одної здобичі на іншу – доступнішу та чисельнішу.

Особливістю хижацтва є те, що в цих стосунках один вид витрачає багато кмітливості і енергії, щоб схопити і з'їсти жертву, а інший вид – щоб втекти. Перший і другий у процесі тривалої еволюції екологічно адаптувалися: хижак розвинув такі якості, як гострота органів чуття, блискавична реакція і швидкий біг та інше, жертва, в свою чергу – захисне (камуфляжне) забарвлення, панцирі, шипи, голки, отруйні

речовини тощо. Співвідношення особин популяцій хижака і жертви, як правило, є таким, що забезпечує безмежно тривале співіснування видів, а отже, і біологічну регуляцію популяцій.

Відомо, що одні хижаки живляться тваринами, інші – рослинами, а треті – відразу обома типами організмів. На цій конкуренції базується так звана таксономічна класифікація. Згідно з нею першу групу хижаків називають м'ясоїдними, другу – рослиноїдними, а третю – всеїдними.

Функціональна класифікація включає чотири різновиди хижаків: а) хижаки; б) хижаки з пасовищним типом живлення; в) паразитоїди; г) паразити (мікро- і макропаразити) [19].

Справжні хижаки вбивають свою жертву і з'їдають її повністю або ж частково (тигри, вовки, орли тощо).

Хижаки з пасовищним типом живлення упродовж свого життя, як і перша група, з'їдають багато жертв (повністю або частково). Сюди належать крупні травоядні хребетні.

Паразитоїдами називають групу комах, головним чином перетинчастокрилих, а також багатьох двокрилих, в яких дорослі самки і їхні личинки вирізняються подібністю поведінки. Комахи-паразитоїди відкладають яйця в тіло іншої комахи або ж на його поверхню, тоді як комахи-господарі, як правило, ще не досягли дорослого віку. На їх тілі (на поверхні, або поряд) із вилупленого яйця з'являється личинка, яка починає інтенсивно поїдати свого молодого господаря. Таким чином, господар гине, не досягши зрілого стану – в стадії лялечки або й раніше (яскравим прикладом такої поведінки є оса *Chrisis ignata*, яка паразитує на бджолах).

Окремою групою представлені паразити. **Паразит** – це організм, який живе на поверхні або в органах і тканинах інших організмів (живителів), живиться за їх рахунок, одержуючи від них готові речовини, та завдає їм певної шкоди. Розрізняють ендопаразитів, що селяться всередині живителя, і ектопаразитів, що існують на поверхні організму живителя.

Паразити поїдають лише частину своєї жертви. Типовим прикладом паразита є туберкульозна паличка, яка «роз'їдає» легені ослабленого людського організму. Стосовно дерева, наприклад берези, паразитом є гриб – березовий трутовик, який своїми гіфами висмоктує з неї поживні речовини.

Вважають, що на останньому етапі еволюції, який триває і сьогодні, розвивається залежність однієї популяції від іншої. Таку категорію взаємодії називають **мутуалізмом**. У цих умовах зв'язок

популяцій сприятливий для росту і виживання обох популяцій, причому в природі жодна з них не може існувати без іншої. Мутуалізм ще називають облігатним (обов'язковим) симбіозом. Типові приклади мутуалізму трапляються лише у тому випадку, коли певний гетеротроф стає повністю залежним від автотрофа стосовно корму, а існування останнього автотрофа залежить від мінерального обміну, захисту й інших важливих функцій гетеротрофа. Такими є симбіотичні стосунки бобових рослин з азотофіксуючими бактеріями, які знаходяться в бульбочках, прикріплених до коріння рослин [14, 19].

Завдання для самостійної роботи студентів:

1. Значення популяцій в екосистемі.
2. Моніторинг та управління популяціями.
3. Методи контролю популяцій, що застосовуються у сільському господарстві.

СИНЕКОЛОГІЯ – ЕКОЛОГІЯ УГРУПОВАНЬ

Основні питання:

1. Поняття про біоценози, їхня структура.
2. Концепція біотичного угруповання.
3. Поняття про екологічну нішу, потенційна та реалізована ніша.
4. Сукцесії та їх типи.
5. Індикативне значення організмів.

1. Поняття про біоценози, їхня структура

Популяції різноманітних видів живих організмів, що заселяють спільні місця проживання вступають у певні взаємовідносини, тому що змушені користуватися спільним життєвим простором і поживними ресурсами. Оскільки стійкі взаємовідносини можливі лише між популяціями видів, а стабільний характер таких відносин являє собою результат адаптацій, то після тривалого спільного існування формуються багатовидові угруповання – біоценози. Необхідно відзначити, що набір видів у цих угрупованнях не є випадковим, він визначається можливістю підтримки кругообігу речовин. Тільки на цій

основі, в принципі, виявляється можливим стійке існування будь-якої форми життя [17].

Термін «*біоценоз*» був запропонований німецьким зоологом К. Мебіусом в 1877 році. В екології найпоширенішими є наступні визначення:

а) *біоценоз* – це сукупність рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів, що спільно населяють ділянку земної поверхні та характеризуються визначеними відносинами між собою і з сукупністю абіотичних факторів [8].

б) *біоценоз* – це об'єднання живих організмів, яке відповідає за своїм складом, кількістю видів і особин оптимальним умовам середовища, де організми пов'язані взаємною залежністю і зберігаються завдяки постійному розмноженню в певних місцях. Якщо одна з умов відхиляється хоч на деякий час від середніх умов, то змінюється і весь біоценоз [4, 8].

Масштаби біоценотичних угруповань організмів надзвичайно різноманітні – від угруповань на стовбурі дерева до біоценозу ковилового степу.

Складовими біоценозу є *фітоценоз* (сукупність рослин), *зооценоз* (сукупність тварин), *мікоценоз* (сукупність грибів) і *мікробіоценоз* (сукупність мікроорганізмів) [14, 15]. Синонімом біоценозу є угруповання.

Ділянка поверхні планети (суходолу або водойми) з однотипними абіотичними умовами (рельєфом, кліматом, ґрунтами, характером зволоження й ін.), яку займає той чи інший біоценоз, називається *біотопом*. Біотоп, з яким пов'язані організми, що тут живуть, і умови їхнього існування, зазнає змін під впливом біоценозу [27].

З екологічного погляду критеріями виділення біоценозів є видовий склад флори і фауни, часова тривалість системи та просторових меж. Угруповання можна назвати біоценозом лише тоді, коли воно відповідає таким критеріям [17, 19]:

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

а) *домінантні* види, які формують зовнішній вигляд біоценозу (очеретяний, 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, як правило, їхня присутність характеризує 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 кругообіг матерії й енергії, який здійснюється між компонентами біоценозу й середовища. Тому біоценозом може називатися лише така система, яка містить усі елементи, необхідні для реалізації кругообігу матерії. Першочерговим джерелом такого кругообігу є автотрофи, або продуценти.

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

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

Виділити межі між двома біоценозами нескладно, якщо їхні абіотичні та біотичні фактори помітно відрізняються (озеро і лука, ліс і поле, болото, лука річкової 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). 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 бути живленням для кількох видів консументів, і навпаки, один вид тварин може харчуватися в декількох різнотипних рослинних угрупованнях. Тому вивчення біоценозів вимагає глибоких досліджень не лише флори і фауни, а й функціонування окремих факторів біоценотичної системи [27].

Отже, будь-який біоценоз можна розділити на структурні

елементи на основі трофічних зв'язків (трофічна структура), просторового розміщення компонентів (просторова структура) та особливостей функціонування окремих біоценозів у конкретних умовах (екологічна структура).

Будь-яка система складається із компонентів, які в сукупності об'єднуються за певними спільними ознаками. Кожному біотопу властиві свої ценотичні зв'язки. Для визначення спільного й відмінного між ними потрібна класифікація. При вивченні будь-якої системи найдоступнішими для виявлення є рослини, оскільки всі тварини прямо або опосередковано залежать від продукції рослин.

Структура біоценозу.

Будь-який біоценоз можна розглядати, як складну сукупність трофічних ланцюгів між видами, що входять до складу даного угруповання [17, 19].

Завдяки ланцюгам живлення у біоценозах здійснюється трансформація біогенних речовин, акумуляція енергії і розподіл її між видами (популяціями). Чим багатший видовий склад біоценозу, тим різноманітніші напрями і швидкість потоку речовин і енергії.

Ланцюги живлення, або канали живлення, через які постійно протікає енергія, прямо чи опосередковано об'єднують всі організми в єдиний комплекс.

Трофічна структура біоценозу. Перший трофічний рівень представлений *первинними продуцентами*, або автотрофами. До них належать зелені рослини, які здатні використовувати сонячне проміння для утворення хімічних сполук, багатих на енергію. Первинні продуценти – це найважливіша частина біоценозу, тому що практично решта організмів, що входять до його складу, прямо чи опосередковано залежать від постачання енергії, якою запаслися рослини.

Крім первинних продуцентів, до складу біоценозу входять гетеротрофи (від грецьк. *getero* - інший, *trophe* – пожива) - організми, які використовують для споживання готові органічні речовини. Гетеротрофи представлені консументами і деструкторами. Перша група утворює ланцюг поїдання, а друга – ланцюг розкладу.

Другий трофічний рівень утворюють травоядні тварини, яких називають первинними консументами. М'ясоїдних, які живляться травоядними, називають вторинними консументами, або первинними хижаками; вони перебувають на третьому трофічному рівні.

Хижаки, які живляться первинними хижаками, в свою чергу, становлять четвертий трофічний рівень і називаються третинними

консументами, або вторинними хижаками. Тварин, що споживають вторинних хижаків, називають третинними хижаками, або ж четвертинними консументами, і т.д.

Оскільки більшість тварин всеїдні (живляться рослинами і тваринами), тобто одночасно одержують енергію з декількох різних трофічних рівнів, їх неможливо віднести до відповідного рівня. Звичайно вважають, що такі організми входять до декількох трофічних рівнів, а їхня участь у кожному рівні пропорційна складу вживаної ними їжі.

Окрему ланку ланцюга живлення утворюють так звані деструктори, або біоредуктори – організми, які розкладають органічні речовини. Це переважно мікроорганізми (бактерії, дріжджі, гриби-сапрофіти), які селяться на трупах і екскрементах та поступово їх руйнують. Завдяки їхній діяльності відбувається повернення у мінеральне царство елементів, які містяться в органічних речовинах.

Гриби, наприклад, в основному беруть участь у розкладі клітковини рослин, а бактерії розкладають трупи тварин. Мікроорганізми-деструктори виконують й інші функції: вони продукують інгібітори (наприклад, антибіотики) або навпаки – речовини-стимулятори (наприклад, деякі вітаміни), екологічне значення яких дуже важливе, однак ще мало вивчене [14, 19].

Просторова структура угруповання. Під просторовою структурою біоценозу слід розуміти закономірне розміщення структурних елементів угруповання по відношенню одне до одного. Ще в працях К. Мебіуса відмічалось, що кожен організм угруповання займає тільки йому властиве місце, яке базується на вимогах організму та взаємовідносинах даного елементу біоценозу, як до інших організмів так і до топічних умов.

Така неоднорідність біоценозу зумовлена, насамперед, неоднорідністю умов, абіотичних факторів зокрема. Значний вплив на просторову структуру угруповання мають динамічні процеси, що відбуваються в біоценозі. Як правило, організми угруповання розміщуються в просторі у відповідності до кількості сонячної енергії, яка їм необхідна для повноцінного функціонування. У концентрованому вигляді це проявляється у водних екосистемах, хоча властиве, безумовно, і екосистемам суші. Прикладом просторового розміщення складових угруповання є ярусність лісу [14, 19].

У залежності від типу лісового насадження і видової різноманітності можна виділити різні вертикальні рівні біоценозу.

Надземна ярусність – це результат добору видів, які можуть проростати спільно, використовуючи горизонти надземного середовища з різною інтенсивністю світла. Ярусність добре помітна в лісах помірного поясу. Наприклад, у широколистяному лісі виділяється 5-6 ярусів: перший (верхній) ярус утворюють дерева першого розміру (дуб, липа, береза); другий – дерева другого розміру (горобина, дикі яблуні і груша); третій ярус складає підлісок (ліщина, шипшина, жимолость); четвертий і п'ятий яруси утворені відповідно високими (чистець лісовий, багно) й низькими (яглиця, журавлина) травами і чагарниками; шостий ярус – низькими приземними трав'янистими рослинами (мохи, копитняк). Є також відповідна кількість між'ярусних рослин – лишайники на стовбурах і гілках, типові епіфіти та ліани. Ярусність проявляється й у трав'янистих угрупованнях (луки, степи та ін.). Різна глибина проникнення та розміщення активної частини кореневих систем забезпечує відповідну ярусність і підземним органам. До того або іншого ярусу рослинності переважно пристосовані також тварини, що входять до складу біоценозу. Ярусність більше пов'язують з фітоценозом, але дане явище притаманне і тваринам.

Підземна ярусність біоценозу відбиває вертикальний розподіл кореневих систем рослин фітоценозу. Наявність підземної ярусності фітоценозу забезпечує продуктивніше використання ґрунтової вологи.

Ярусність має велике екологічне значення, адже це результат тривалого й складного процесу міжвидової конкуренції та взаємного пристосування рослин одна до одної. Завдяки цьому у фітоценозі є види, що мають дуже різноманітні життєві форми (дерево, чагарник, трава, мох і т.д.). Для рослин водного середовища, наприклад прісноводних водойм, також характерна ярусність. В біоценозі можна виділити й горизонтальну структуру, адже в будь-якому угрупованні можна знайти окремі ділянки, які будуть дуже відрізнятися від самого угруповання [19].

Екологічна структура біоценозу. Будь-який із виділених біоценозів буде відрізнятися від іншого різними параметрами. Важко знайти у природі однакові за всіма ознаками угруповання, адже нелегко знайти однакові умови формування та функціонування біоценозів. Відмінності у різних угруповання пов'язані з екологічними умовами існування біоценозів.

Екологічна структура – це закономірне, типове співвідношення певних видів до умов навколишнього середовища та зв'язок всього угруповання з основним компонентом даного біоценозу.

Цілісність біоценозів в основному зумовлюється дією таких механізмів:

Перший із них полягає в тому, що добір видів у біоценозі будь-якої екосистеми відбувається на основі спільності їх екологічних вимог щодо середовища. Природно, що на перезволожених ґрунтах будуть поширені вологолюбні рослини та тварини, а на південних відкритих схилах основу біоценозів будуть складати ксерофітні рослини та теплолюбні тварини. Ресурси та умови існування в цьому випадку виступають як механізм добору видів до біоценозу.

Другий механізм біоценозу зовсім інший за своєю природою. Він полягає в наявності коадаптацій рослин та тварин щодо спільного життя. Співмешкання видів в одному ценозі є результатом того, що один вид потрібен іншому настільки, що без нього він не може існувати [19].

Приклади такої взаємної прив'язаності організмів один до одного чисельні. Фітофаги не можуть існувати без відповідних рослин; рослини, запилювані комахами не можуть розмножуватися в екосистемі, де немає необхідних для їх запилення комах.

К. Мебіус підкреслював, що будь-який біоценоз є стійким угрупованням, яке повторюється в часі та просторі. Відносно цього для кожного біоценозу характерний свій тип біопродукційного процесу та певний запас біомаси.

2. Концепція біотичного угруповання

Концепція біотичного угруповання – це одна з найбільш важливих для розуміння закономірностей розташування організмів. Організми, що населяють планету Земля, утворюють чітко організовану систему, а не розкидані хаотично [17].

Біотичне угруповання – це будь-яка сукупність популяцій, що населяють визначену територію або біотоп (Одум, 1986). Біотичне угруповання є живою складовою екосистеми. Як відмічає Ю. Одум (1986), під біотичним угрупованням слід розуміти групи різних розмірів від впалого стовбура до біоти океану. Отже, навіть в середині біоценозу можна виділити біотичні взаємозв'язки, які будуть складовою єдиного біоценозу, але їх можна визначити за рядом параметрів впливу ключового фактору в тій чи іншій ділянці.

Прикладом біотичного угруповання може бути пасовище, яке у різних місцях має різний режим зволоження. На вологих ділянках

поширені види, які входять до видового складу біоценозу, але їх типовість прив'язана до конкретних умов. На посушливих ділянках домінують види, що є характерними для даної ділянки біоценозу, проте будуть типовими для всього угруповання.

Отже, системний аналіз дозволяє визначити однорідність умов існування організмів в даному угрупованні та функціональну залежність організму від біотичних взаємозв'язків. Вивчення біотичного угруповання повинно проводитись з урахуванням всіх складових компонентів біоценозу протягом тривалого часу. Ігнорування складовими елементами біоценозу або надмірна увага на фіто- або зооценоз призводить до неправильних результатів.

3. Поняття про екологічну нішу, потенційна та реалізована ніша

Кожна популяція існує в певному місці, де поєднуються ті чи інші абіотичні та біотичні фактори, що формують її екологічну нішу.

Екологічна ніша – фізичний простір з властивими йому екологічними умовами, що визначають існування будь-якого організму, місце виду в природі, що включає не лише становище його в просторі, а й функціональну роль у біоценозі та ставлення до абіотичних факторів середовища існування. Екологічна ніша характеризує ступінь біологічної спеціалізації даного виду. Термін «екологічна ніша» був уперше вжитий американцем Д. Гріннелом у 1917 р. Згодом, у 1933 р., його співвітчизник Ч. Елтон дав нове визначення цього поняття: *екологічна ніша* – це не лише певні умови середовища, але й спосіб життя і спосіб добування їжі. За образним висловлюванням Ю. Одума (1975), місцезростання – це «адреса» організму, а екологічна ніша – його «професія» [3, 15, 17].

В 1952 р. англійський еколог Дж. Хатчинсон ввів поняття багатовимірної ніші, під якою розумів систему з багатьма координатами екологічного простору в екосистемі, де проживає і відтворює себе особина (або популяція). Американський еколог Е. Шапка (1981) визначає екологічну нішу як загальну суму адаптацій організмової одиниці до певного середовища. Різниця між навколишнім середовищем і нішею організму полягає в тому, що цей термін визначає здатність організму засвоювати своє середовище і вказує шляхи фактичного використання.

Екологічна ніша є функціональним поняттям. За уявленнями

спеціалістів, які розробили концепцію екологічної ніші, вона є тим діапазоном умов, за яких живе та відтворює себе популяція. При цьому екологічна ніша сприймається не як об'єм фізичного простору, а як характеристика популяції стосовно всієї системи абіотичних та біотичних факторів, при яких вона може існувати.

Щодо кожного конкретного фактору чи умов життя кожен вид має свою амплітуду, при якій він може існувати. Але оскільки факторів існування у тварин та рослин багато, то екологічну нішу можна уявити собі як зону в багатомірному просторі факторів, при яких може існувати дана популяція.

Кожній популяції характерна фундаментальна екологічна ніша, що представляє собою комплекс екологічних факторів, необхідних для даного виду при відсутності конкурентів. Цей тип ніші відповідає потенційним можливостям виду. На відміну від цього реалізована екологічна ніша охоплює ту амплітуду умов, яка доступна виду в присутності його конкурентів. Реалізована ніша, як правило, в тій чи іншій мірі менша фундаментальної.

Диференціювання за екологічними нішами є дуже важливим механізмом утворення угруповань рослин та тварин. Воно забезпечує співіснування видів в одному і тому ж біоценозі. Видове різноманіття завжди вище тоді, коли процес диференціації ефективний, що простежується в мозаїчних багатих на видове різноманіття біоценозах. При конструюванні штучних біоценозів прийняття до уваги процесу диференціювання за екологічними нішами забезпечує створення стійких угруповань та отримання більшої кількості біопродукції.

4. Сукцесії та їх типи

Біоценоз представляє собою досить консервативну природну систему. З року в рік угруповання залишаються незмінними, і навіть якщо змінюється чисельність видів або інші параметри, то цим не порушується рівновага системи. Як правило, чим більша екосистема за розміром і чим багатший та різноманітніший її видовий та популяційний склад, тим вона стійкіша.

Сталість найважливіших екологічних параметрів біоценозу (розмірів, видового складу, біомаси, продуктивності і т.п.) називають *гомеостазом*.

Якщо екосистема стійка й усі її параметри відповідають географічним і кліматичним умовам місцевості, то такий стан

називається *клімаксом*. Але іноді бувають відхилення в структурі біоценозу. Якщо вони мають випадковий характер, то такі зміни називають *флуктуаціями*. Причиною можуть бути несприятливі метеорологічні явища, повені, землетруси, що призводять до змін чисельності видів. Наприклад, весняні заморозки не тільки ушкоджують квітучі рослини, що позначається на їхньому плодоношенні, а й нерідко є причиною масової загибелі перелітних птахів. Масштабні зміни географічної обстановки або типу ландшафту під впливом природних катастроф чи діяльності людини призводять до послідовних змін стану біоценозів місцевості – *сукцесій* (від англ. – послідовність). Найповніше розробили теорію сукцесії американські ботаніки Р. Коулес і Ф. Клементс. Основним принциповим положенням цієї теорії є те, що динаміка угруповання, її зміна в часі – це природна властивість екологічних систем [15, 17, 19].

Першопричиною зміни фітоценозів Ф. Клементс вважав зміну окремих кліматичних факторів або їхнього комплексу, внаслідок чого угруповання послідовно змінюють одне одного, адаптуючись до нових умов середовища. Завершується цей процес формуванням угруповання, більш пристосованого до певних кліматичних умов, яке названо клімаксом. Зміну одного біоценозу іншим у ході сукцесії називають сукцесійними серіями, які Ф. Клементс вважав, прогресивними [17].

Сучасні вчені вважають, що сукцесія може бути регресивною, якщо вона призводить до збіднення та спрощення угруповань. Так, антропогенні фактори у біоценозі порушують оптимальність умов існування тих або інших видів, деякі з них вимирають, що порушує стійкість екосистеми. Таким чином, не лише клімат є причиною сукцесії.

Вони поділяються на первинні та вторинні. Первинні відбуваються на вільних від ґрунту землях – вулканічних, туфових і лавових відкладах, сипучих пісках, кам'янистих розсипах. Вторинні сукцесії відбуваються на місцеперебуванні зруйнованих угруповань, де збереглися ґрунти та деякі живі організми, й найчастіше мають відновлювальний характер.

Первинна сукцесія – це поступове заселення організмами суші, що з'явилася зі збідненої материнської породи.

Це можуть бути голі скелі або дно моря, що відступило, льодовик або висохле озеро, піщані дюни або застигла лава після вулканічного виверження. Процес сукцесії починається з ґрунтоутворення. Потім з'являються бактерії, лишайники та одноярусна рослинність. В міру

розвитку фітоценозу ґрунт стає родючішим й у біологічний кругообіг надходить все більше хімічних елементів. На родючих, багатих поживними речовинами ґрунтах, вимогливі види рослин витісняють менш вимогливі; одночасно розвивається і тваринний світ. Біоценоз поступово проходить усі стадії розвитку до клімаксного стану. Сильні бурі, повені, пожежі, вирубування лісу, випас худоби й інші причини, як природного так і антропогенного характеру, можуть призвести до зміни в структурі біоценозу.

Вторинні сукцесії спрямовані на відновлення властивого даній місцевості угруповання після завданих ушкоджень. Не завжди вторинна сукцесія приводить екосистему до початкового клімаксного стану.

Ф. Клементс визначив такі фази сукцесії:

- фаза оголення – поява незаселеного простору;
- фаза міграції – поява перших, піонерних форм життя;
- фаза ецезису – заселення живими організмами простору і пристосування їх до конкретних умов середовища проживання;
- фаза змагання – передбачає конкуренцію з витісненням деяких первинних організмів;
- фаза реакції – зворотний вплив угруповання на біотоп і умови його існування;
- фаза стабілізації – остання стадія сукцесії, у результаті якої формується клімаксний біоценоз [15, 17, 19].

За взаємовідносинами між популяціями та їхнім впливом на середовище проживання розрізняють три моделі сукцесії. Якщо перші живі організми своєю діяльністю змінюють середовище проживання таким чином, що воно стає доступнішим для наступних колоністів, то цей процес розвивається за моделлю полегшення. Якщо в результаті конкуренції відбувається добір пристосованіших і стійкіших видів, то сукцесія відповідає моделі толерантності. За моделлю інгібування всі види угруповання можуть одночасно зайняти нове місцеперебування. Вони стійкі до конкуренції, але пізніші організми збільшують свою чисельність тільки після зникнення (вимирання) когось із перших колоній.

Прикладом первинної сукцесії може бути формування скельних біоценозів. Цей процес сукцесії починається з поселення на скелях накипних лишайників. Потім з'являються найпростіші, комахи, і починається формування первинного ґрунту. На цьому ґрунті вже можуть оселитися більш складні форми лишайників і мохів. Ґрунт стає багатшим, й на ньому ростуть уже судинні рослини. Пізніше на цій

території селяться чагарники й деревні породи, розвивається лісова рослинність. Паралельно розвитку фітоценозу збагачується тваринний світ.

Вторинна сукцесія – відновлення лісового біоценозу після пожежі (або суцільного вирубування). Внаслідок пожежі або вирубування змінюється режим освітлення, температури, вологості й інших факторів, і на освітлених, відносно сухих місцях, що добре прогріваються, формується тимчасове одноярусне угруповання зі світлолюбних трав. Потім починається поступове лісовідтворення: проростають світлолюбні листяні породи (осика, береза, верба й ін.), а також багато видів чагарників. Поява ягідних чагарників приваблює велику кількість видів птахів, а на місцях, що добре прогріваються, поселяються рептилії та гризуни. Ця стадія займає в середньому 2-3 роки. Поступово підрастають дерева, які витісняють чагарники й світлолюбні види трав. Чагарниково-лугове угруповання замінюється листяним. Відповідно змінюється тваринний світ. Через 10-15 років від початку сукцесії біорізноманіття листяного лісу стає багатшим. Деревна швидко ростуть, ця місцевість затінюється й підвищується вологість. Починається інтенсивне проростання насіння ялини чи сосни. Поступово молоді хвойні породи остаточно глушать трав'янисту рослинність луків. З'являються мохи й лісове різнотрав'я. Через декілька років хвойні дерева виходять у перший ярус, їхні крони змикаються, змінюється світловий режим і вологість, що ще більше пригнічує листяні породи дерев. Весь процес вторинної сукцесії від вирубування (пожежі) до формування стійкого вихідного біоценозу займає в середньому 90-150 років. Але не завжди повторна сукцесія доходить до відновлення вихідного біоценозу.

Порушені біоценози, що повертаються до свого вихідного стану, називаються *корінними*. Якщо на місці вирубування соснового лісу виросте березовий гай, а потім його витіснять хвойні дерева, то такий біоценоз буде корінним.

Сукцесії бувають *ендодинамічні*, *екзодинамічні*, *антроподинамічні*.

Ендодинамічні сукцесії (внутрішні) пов'язані з розвитком біоценозу, в межах якого одні види вимирають, інші виникають. Життєдіяльність організмів приводить до зміни фітосередовища. Угруповання поступово втрачає стійкість, одні компоненти випадають, замінюються іншими, зникає один біоценоз, утворюється інший, отже, формується нове фітосередовище. Наприклад, у низовому болоті (осоки

і злаки) наростає торф, меншає мінеральної поживи, починають рости мохи – спочатку зелені, потім сфагнові, на них оселяється сосна – утворюється сфагново-соснова асоціація.

Екзодинамічні сукцесії (зовнішні) бувають пірогенні, гідрогенні, галогенні, зоогенні.

Антроподинамічні сукцесії (діяльність людини) – лісова дигресія, дигресія лук у процесі скошування трав, перевипас (виснажуються ґрунти, формуються зсуви, селі).

Протягом багатьох століть відбувалися фундаментальні великомасштабні сукцесії, що охоплювали цілі геологічні епохи. Такі вікові зміни екосистем відбивають історію розвитку біосфери.

Прикладом історичної зміни екосистем можуть бути зміни угруповань рослинного і тваринного світу після відступу льодовиків або значних зледенінь територій. Відомі такі великомасштабні сукцесії як утворення пустелі в північній частині Середньої Азії в процесі аридизації (зростання посушливості) клімату із широколистяних лісів або ж формування екосистем Каракумів через відступ давнього Арало-Каспійського моря.

Такий же процес регресивної великомасштабної сукцесії відбувається і нині, тільки її причина має не природний, а антропогенний характер. Саме діяльність людини порушила сформований водний баланс Аральського моря, що призвело до пониження рівня води в ньому. До 1960 р. Аральське море суттєво впливало на формування клімату прилеглих територій: пом'якшуючи екстремальні температури, воно стабілізувало умови життя біоценозів Приаралля. У 1960-х роках рівень цього невеликого за площею моря став різко знижуватися. З кожним метром зниження рівня моря відкривалося до 2 тис. км² території, де переважають солончаково-піщані ґрунти, які поступово перетворюються на солончакові пустелі, позбавлені рослинності та тваринного поселення. Зниження рівня води в морі зумовило зниження горизонту ґрунтових вод – до 4 м у гирлі Амудар'ї і до 6-11 м – у Кизилкумах. Цей процес призвів до розширення зони сипучих пісків, а також зростання ступеня аридизації. У цілому йде інтенсивний наступ пустелі на окультурені території, зменшується чисельність популяцій і видовий склад угруповань.

5. Індикативне значення організмів

В основі біоіндикації лежить уявлення про залежність живих

організмів від умов навколишнього середовища.

Поняття біоіндикації, що включає умови порівняння результатів спостереження, застосовується виключно для оцінювання впливу антропогенних факторів середовища на основі зміни кількісних характеристик біологічних об'єктів і систем.

Нині, коли антропогенний вплив на природні процеси став одним з найбільш значимих екологічних факторів, що визначають нові умови існування екосистем, мабуть, немає необхідності спеціально обґрунтовувати й доводити фундаментальність досліджень, спрямованих на пошук критеріїв і методів оцінки критичної величини техногенного навантаження на людину, співіснування рослин і тварин. Іноді проведення масштабних екологічних досліджень протягом довгого періоду часу неможливе, існує необхідність визначити стан угруповання та екосистеми. У даному випадку перед екологами стоїть завдання пошуку видів, які перші реагують на зміну у біоценозі.

Біоіндикація – метод оцінки стану навколишнього середовища, в основу якого покладено властивості організмів реагувати на зміну фізичних, хімічних і екологічних характеристик середовища проживання, які проявляються в особливостях їхнього росту, розвитку й чисельності [15, 17, 19].

Біоіндикація має низку переваг над фізико-хімічними методами дослідження стану довкілля:

- сумує всі без винятку біологічно важливі дані про навколишнє середовище і відображає його стан в цілому;
- в умовах хронічного антропогенного навантаження реагує на дуже слабкі впливи в залежності від акумуляції дози;
- робить необов'язковим застосування дорогих та трудомістких фізичних і хімічних методів для виміру біологічних параметрів;
- завдяки постійній наявності в навколишньому середовищі живих організмів реагує на короточасні і швидкі викиди токсичних речовин, які не можна зареєструвати за допомогою автоматичної системи контролю з періодичним відбором проб на аналіз;
- допомагає нормувати допустиме навантаження на системи, що відрізняються своєю стійкістю до антропогенного впливу, оскільки однаковий склад та об'єм забруднення може призвести до різних реакцій природних систем в різних географічних зонах;
- дозволяє робити висновки про шкідливість синтезованих і генетично модифікованих речовин та контролювати їх вплив на природу і людину як частину природи.

Біоіндикатори – це група особин одного виду або угруповання, наявність, кількість або інтенсивність росту яких у тому чи іншому середовищі є показником певних природних процесів або умов зовнішнього середовища.

Біоіндикатори часто використовують і в біотестуванні, основне завдання якого полягає в оцінці якості об'єктів навколишнього середовища з використанням живих організмів в лабораторних умовах.

Існують різні підходи до класифікації форм біоіндикації на основі різних ознак. Класифікація В.О. Слободяна базується на порівнянні реакції-відповіді живих організмів на дію антропогенних факторів і поділяє всі форми біоіндикації на специфічні і неспецифічні. *Специфічна біоіндикація* – це така форма біоіндикації, при якій ті чи інші зміни в біологічній системі пов'язані з дією одного і того ж фактору. *Неспецифічна біоіндикація* – це така форма біоіндикації, при якій дві однакові реакції проявляються під впливом різних антропогенних факторів.

Аналогічно класифікації форм біоіндикації В.О. Слободяна класифікував всі біоіндикатори на дві групи: чуттєві і не чуттєві (акумулятивні). *Чуттєвим* називається біоіндикатор, який реагує із значним відхиленням життєвих проявів від норми. *Акумулятивні* біоіндикатори, на відмінну від чуттєвих, накопичують антропогенні впливи більшою частиною свого організму і не так швидко проявляють в собі зміни [30].

В свою чергу чуттєві біоіндикатори поділяються на шість типів за ознакою тривалості розвитку біоіндикаційних реакцій у біологічних системах (ознака чутливості біоіндикаторів):

I тип чутливості – біоіндикатор дає одноразову сильну реакцію після певного терміну, протягом якого він ніяк не реагував на дію стресора. Після цієї реакції біоіндикатор одразу ж втрачає чутливість;

II тип чутливості – як й у випадку I типу чутливості, реакція біоіндикаторів виникає раптово і потужно, але триває протягом певного періоду, а потім раптово зникає;

III тип чутливості – біоіндикатор реагує з моменту виникнення дії антропогенного фактора протягом певного часу;

IV тип чутливості – після раптової сильної реакції біоіндикатора спостерігається її пригасання, спочатку швидко, а потім повільно;

V тип чутливості – при появі стресової дії починається реакція біоіндикатора, яка стає все більш інтенсивною, доходить до стану максимуму, а потім поступово притупає;

VI тип чутливості – характерний тим, що *V* тип чутливості повторюється неодноразово, виникає осциляція біоіндикаційних параметрів.

Біоіндикація можлива на різних рівнях організації живої матерії, тому виділяють біоіндикацію на рівні макромолекул, клітин, органів, тканин, систем, організмів, популяцій, біоценозів. З підвищенням рівня організації біологічних систем відповідно підвищується і їх складність, що одночасно веде й до більш складної взаємодії з факторами місця зростання (абіотопу). Потрібно зазначити, що біоіндикація на нижчих рівнях організації включається в біоіндикацію на вищих рівнях і виступає на них в новій якості.

Р. Шуберт визначив такі шість типів рівнів біоіндикації:

- 1-й – біохімічні і фізіологічні реакції;
- 2-й – анатомічні, морфологічні, біоритмічні і поведінкові відхилення;
- 3-й – флористичні, фактичні і хорологічні зміни;
- 4-й – ценотичні зміни;
- 5-й – біогеоценотичні зміни;
- 6-й – зміни ландшафтів.

Однак названі рівні біоіндикації не слід розмежовувати.

Дослідник Рабе в 1982 р. запропонував два методи, придатних для біоіндикації: пасивний і активний моніторинг. За допомогою пасивного методу в організмів, які вільно живуть, досліджуються видимі чи малопомітні пошкодження або відхилення від норми, що є ознаками стресових впливів. Активний моніторинг полягає в тому, щоб виявити ті ж самі впливи на тест-організми, які перебувають у стандартизованих умовах на досліджуваній території.

Метод біоіндикації середовища використовують для визначення рівня забруднень атмосферного повітря за допомогою лишайників (ліхеноіндикація), мохів (бріоіндикація), грибів (мікоіндикація); для оцінки забруднення навколишнього середовища, яке усуває з природних екологічних ніш нестійкі до факторів забруднення види нижчих і вищих рослин, а також представників фауни. Функціонує Міжнародна комісія з біоіндикаторів, спеціально створена для координації досліджень в біоіндикації і моніторингу полютантів навколишнього середовища. Вона поєднує вчених різних спеціальностей з багатьох країн світу.

Минули тисячоліття, і людство знову відкриває істину, яка була добре відома нашим пращурам: живі організми є дзеркалом навколишньої природи, показником ґрунтових, кліматичних,

гідрологічних та інших умов, а також тих умов, які створила і продовжує створювати людська діяльність, нерідко нищівна для організмів.

Завдання для самостійної роботи студентів:

1. Роль рослин у виробництві первинної продукції в екосистемі.
2. Адаптація рослин до абіотичних факторів.
3. Адаптація рослин до біотичних і антропогенних факторів.
4. Динаміка чисельності живих організмів
5. Основні антропогенні фактори, що впливають на трансформацію та деградацію біоти.

ЕКОСИСТЕМИ ТА ЇХНЄ МІСЦЕ В ОРГАНІЗАЦІЇ БІОСФЕРИ

Основні питання

1. Поняття «екосистема» та «біогеоценоз», їхня характеристика. Загальні принципи стійкості екосистем.
2. Складові екосистеми та основні фактори, які забезпечують її існування.
2. Продуктивність та потік енергії в екосистемах. Екологічні піраміди.
3. Поняття про біохімічні кругообіги в екосистемах.
4. Основні екосистеми світу.

1. Поняття "екосистема" та "біогеоценоз", їхня арактеристика. Загальні принципи стійкості екосистем

У 1935 р. англійський ботанік А. Тенслі вперше ввів в екологію термін "екосистема". Екосистеми бувають різноманітних розмірів, простими і складними, штучними (акваріум, теплиця, пшеничне поле, населений космічний корабель) і природними (озеро, ліс, океан).

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

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.

Особини 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. [3, 15, 17, 19].

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 [1].

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 та з усіма косними (неживими) 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 натурі».

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 фітоценологи 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 [15, 19].

Отже, **біогеоценоз** – це сукупність рослинного, 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 біотичне та абіотичне середовища. 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 [5, 17].

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 рослин.

- 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, не чисельні.

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

Стійкість організмів, популяцій або екосистем проявляється у самому факті їхнього існування впродовж 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.) [17].

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 виду тоді, коли повністю зруйновані його місця проживання та знищена природна кормова база.

Новим етапом у розвитку соціуму, до якого наблизилося людство на межі XX-XXI ст., є формування екологічного суспільства. Він вимагає відмови від загальноприйнятої орієнтації на зростання матеріального багатства як єдиної мети суспільства. Цей етап вже не може відбутися як стихійний розвиток. Він може бути реалізований тільки системою свідомих дій соціуму, якщо кожна окрема людина, так і суспільні об'єднання різних рангів аж до держави усвідомлять, що вони є частками біосфери та беруть участь в її регулюванні.

2. Складові екосистеми та основні фактори, які забезпечують її існування

Якщо повернутися, до запропонованої спрощеної схеми рівнів організації живої матерії, то помітно, що сукупність угруповань на визначеній ділянці простору і буде складати екосистему, що належить вищого рівня організації. Разом з тим, даний рівень організації перебуває, насамперед, у енергетичних зв'язках комплексу абіотичних факторів та у значній мірі може впливати на фізико-хімічні умови середовища.

З точки зору структури в екосистемі виділяють [19]:

- кліматичний режим, що визначає температуру, вологість, режим

- освітлення та інші фізичні характеристики середовища;
- неорганічні речовини, що включаються в кругообіг;
 - органічні сполуки, які пов'язують біотичні та абіотичні частини у кругообігу речовин та енергії;
 - продуценти - організми, що створюють первинну продукцію;
 - макроконсументи (фаготрофи) – гетеротрофи, що поїдають інші організми або великі частки органічної речовини;
 - мікроконсументи (сапротрофи) – гетеротрофи, в основному гриби і бактерії, які руйнують мертву органічну речовину, мінералізуючи її, тим самим повертаючи в кругообіг.

Вивчаючи екосистеми, досліджуються її складові, і на основі узагальнення наводиться висновок про стан екосистеми в цілому. Отже, вивчаються структурні властивості популяцій та угруповань, що складають дану екосистему.

3. Продуктивність та потік енергії в екосистемах. Екологічні піраміди

Усі живі організми нашої планети підтримують свою життєдіяльність тільки завдяки енергії Сонця. Але слід відзначити той факт, що тільки незначна частина енергії Сонця вловлюється рослинами та використовується для фотосинтезу. Енергія Сонця в основному йде на випаровування і на підтримання температурного режиму земної поверхні. Таким чином, тільки близько 40-50% енергії Сонця проникає в біосферу, і тільки 0,1% зв'язується в процесі фотосинтезу. За рік у масштабах нашої планети синтезується 150-200 млрд. тонн сухої органічної речовини [1].

Приріст біомаси за одиницю часу називається валовою продукцією, тобто це кількість органічної речовини, що нагромаджує екосистема за визначений період часу.

Частина продукції, яка утворилася понад потрібну кількість для підтримання життєдіяльності всіх форм життя в екосистемі, називається *чистою продукцією*.

Важливою характеристикою продуктивності екосистем є показник біомаси, що утворюється в тому чи іншому типі екосистеми.

Біомаса – вся органічна речовина екосистеми, тобто це виражена в одиницях маси чи енергії кількість живої речовини організмів, окремих живих компонентів, які припадають на одиницю площі або об'єму.

Біомаса створюється протягом тривалого часу. Всі організми, що населяють екосистему, будуть творити біомасу. Показники біомаси

відрізняються в різних екосистемах, що зумовлено, насамперед, швидкістю обмінних процесів у самій екосистемі та темпами накопичення у них енергії. Яскравим прикладом різниці параметрів біомаси різних екосистем нашої планети є наступні дані (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Біомаса деяких екосистем Землі [5]

Екосистеми	Площа, тис. км²	Біомаса, кг/м²
Вологі тропічні ліси	17,0	45
Вічнозелені ліси помірного поясу	5,0	35
Тундра і високогір'я	8,0	0,6
Пустелі і напівпустелі	18,0	0,7
Окультурені землі	2,0	1
Болота	2,0	15

Одним із надзвичайно важливих показників автотрофної ланки ланцюга живлення екосистеми є первинна продукція.

Первинна продукція – біомаса підземних і надземних органів, а також енергія і леткі речовини, вироблені автотрофною рослинністю на одиниці площі за одиницю часу. Первинну продукцію виражають, як правило, в грамах біомаси на 1 м² за рік. Отже, продукція зелених рослин і буде первинною продукцією. Визначення її параметрів є важливою передумовою для оптимізації природокористування. На сьогодні людині не під силу моделювання природних процесів, щоб збільшити рівень первинної продукції хоча б до середніх параметрів природних екосистем.

Трофічні зв'язки, започатковані автотрофними організмами, утворюють складні ланцюги живлення, що включають гетеротрофну та сапротрофну ланки. Внаслідок споживання енергії, акумульованої гетеротрофними організмами, утворюється вторинна продукція. Саме кількісною і якісною специфікою потоків енергії і обміну речовин характеризується динаміка біогеоценозу.

Енергетика біогеоценозу – це забезпеченість екосистеми енергією та її використання. Вона включає такі процеси: 1) одержання енергії від двох основних джерел – сонячної радіації (фотосинтез) і реакції окислення неорганічних речовин (хемосинтез); 2) транспортування енергії трофічними рівнями й каналами; 3) використання енергії організмами для продукування біомаси й життєдіяльності [19].

Слід розуміти, що енергія не повертається до основного джерела, як це відбувається з хімічними речовинами. Кожен організм запасає частину отриманої енергії у своїх тканинах, а частину виділяє у вигляді теплоти або механічної роботи. Схему потоку енергії в екосистемі за Ю. Злобіним показано на рис. 5.1. [15].

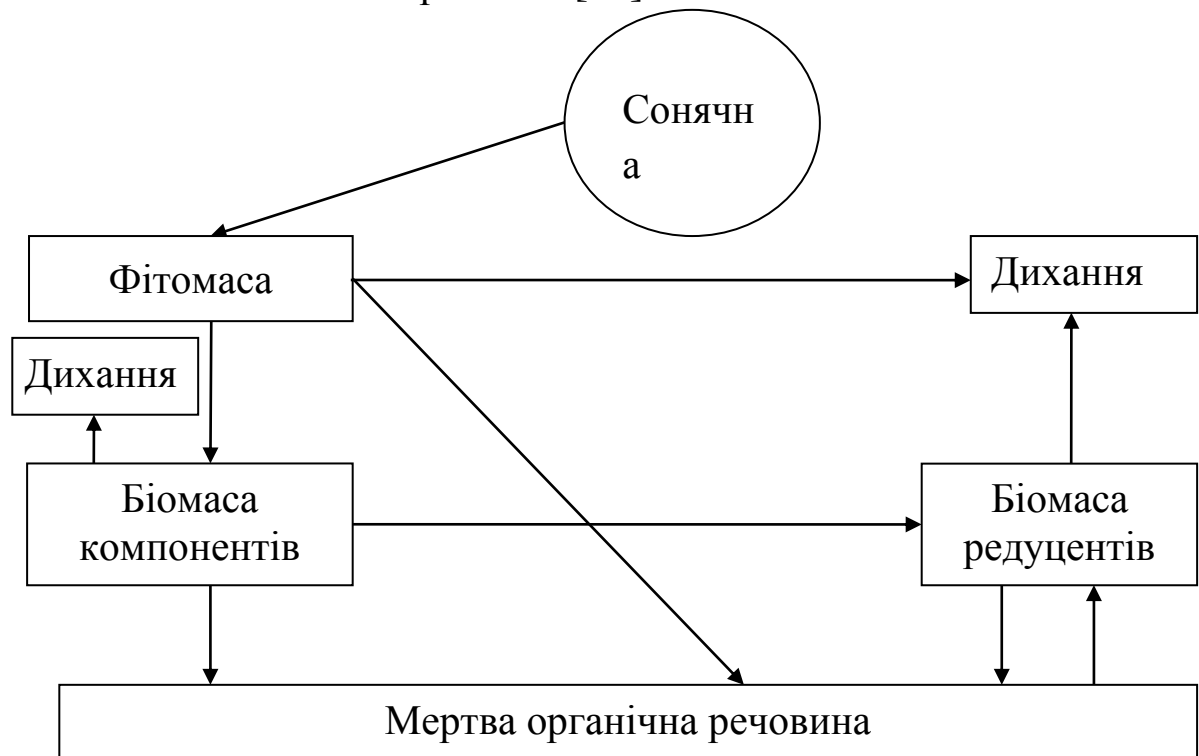


Рис. 5.1. Схема потоку енергії в екосистемі (за Ю.А. Злобіним, 1998 р.)

Як видно з наведеної схеми, енергія у досить великій кількості не використовується. Тому й постає питання, наскільки ефективно використовується енергія в екосистемі.

Ланцюги живлення та піраміди мас, чисел та енергії

У природі не існує такого виду, який не був би пов'язаний з іншим. Ряди взаємопов'язаних видів, у яких кожний попередній є об'єктом живлення наступного, називають *ланцюгами живлення*.

Розрізняють ланцюги живлення різних типів. У залежності від початкової ланки можна виділити пасовищні та детритні ланцюги живлення.

Пасовищні ланцюги починаються із зелених рослин і продовжуються далі до трав'яїдних тварин та хижаків. Детритні ланцюги розпочинаються з мертвої органічної речовини, продовжуються до мікроорганізмів, які ними живляться, а потім – до детритофагів та їх хижаків. Ланцюги живлення тісно пов'язані, а їх переплетення часто називають кормовою мережею.

У складному природному угрупованні організми, які одержують

свій корм від рослин через однакову кількість етапів, належать до одного трофічного рівня. Наприклад, зелені рослини займають перший трофічний рівень (рівень продуцентів), травоядні – другий (рівень первинних консументів), хижаки, що поїдають травоядних – третій (рівень вторинних консументів), а вторинні і третинні хижаки – четвертий і п'ятий рівні (рівень третинних і четвертинних консументів) [15, 19].

Кількісні оцінки трофічних рівнів екосистеми вказують на існування певної закономірності у відповідності нижчого трофічного рівня відносно іншого. Ч. Елтон встановив, що кількість особин, що утворюють послідовний ланцюг невинно зменшується. В подальшому дане твердження неодноразово перевірялося і підтверджувалося. Нині даний висновок більше відомий як піраміда Елтона.

Ланцюг живлення можна уявити у вигляді піраміди чисел, основу якої становлять численні види рослин, наступні рівні утворюють рослиноїдні та м'ясоїдні тварини, чисельність яких швидко зменшується у напрямку до вершини, яку посідають нечисленні великі хижаки (рис. 5.2.).

Є три основні типи пірамід:

- Піраміда чисел показує чисельність окремих організмів;
- Піраміда біомаси характеризує загальну суху масу, калорійність або іншу міру загальної кількості живої речовини;
- Піраміда енергії відповідає речовині потоку енергії або "продуктивності" на наступних трофічних рівнях.

Це схематична репрезентація кількості біомаси, що утворюється в будь-якому з ланцюгів трофічних мереж. Кожний вищий поверх є вузким за той, на який він спирається: наприклад, маса рослин значно перевищує масу тварин, які поїдають рослини, тому що інакше ці тварини вимерли б від голоду. Аналогічне співвідношення існує між іншими поверхами.

ВИБУХОВЕ ЗРОСТАННЯ

Деякі організми (наприклад морський зоопланктон) розмножуються дуже швидко, і через якийсь час вищий поверх трофічної піраміди може стати ширшим за нижчий.

Трофічні піраміди можуть будуватися по-різному стосовно до біомаси, кількості накопиченої енергії чи особин тощо.



Рис. 5.2. Трофічна або екологічна піраміда. [19]

Ю. Одум (1986 р.) на підставі аналізу пірамід усіх трьох типів сформулював екологічне правило: *дані піраміди чисел призводять до перебільшення ролі малих організмів, а дані піраміди мас – великих*. У малих організмів більш інтенсивний метаболізм. А тому лише потік енергії є найбільш придатним показником для порівняння будь-якого компонента з іншим і всіх компонентів між собою.

4. Поняття про біохімічні кругообіги в екосистемах

До ознак екосистеми, за В. М. Сукачевим (1964), належить певний тип обміну речовиною і енергією між його компонентами. Оскільки рослини і тварини можуть використовувати лише ті біогенні елементи, які є на поверхні землі або поблизу неї, для збереження і продовження життя необхідно, щоб речовини, асимільовані певним організмом, могли бути доступними іншому організму. Здійснюючи кругообіги в екосистемі, кожний хімічний елемент рухається завдяки енергетичному потоку чітко визначеним шляхом, переходячи із органічної форми в неорганічну і навпаки.

У більшості випадків обмін біогенних елементів між живими організмами і неорганічним середовищем є збалансованим. Такий стан екосистеми називають стаціонарним: відтік біогенних елементів із системи врівноважується притоком їх з інших систем – з атмосфери і підстилаючої поверхні. Ці більш-менш замкнуті шляхи руху речовини називають *біохімічними кругообігами*.

Р. Ріклефс (1979 р.) зображає екосистему у вигляді ряду блоків, через які проходять різні матеріали і в яких ці матеріали можуть залишатися протягом різних періодів часу. У кругообігу мінеральних речовин в екосистемі переважно беруть участь три активних блоки: живі організми, мертвий органічний детрит і доступні неорганічні речовини. Два додаткових блоки – опосередковано доступних неорганічних і органічних поживних речовин – пов'язані із кругообігом біогенних елементів лише частково, інтервали і активність цих зв'язків значно нижчі від тих, які існують між активними блоками.

Як бачимо, завдяки асиміляції і створенню продукції здійснюється перехід мінеральних речовин із неорганічного блоку в органічний (живі організми). На цьому етапі кругообігу як творці первинної продукції виступають Карбон, Оксиген, Нітроген, Фосфор і Сульфур. Проте для життєдіяльності організмів крім цих хімічних елементів потрібні й інші, такі, як Натрій, Кальцій і Калій. Їх вони асимілюють безпосередньо з води, яку п'ють [19].

Деяка частина Карбону і Оксигену внаслідок дихання повертається безпосередньо у форми доступних неорганічних поживних речовин. Кальцій, Натрій та іони інших мінеральних речовин виділяються або ж вимиваються з листя дощем або водою, яка оточує водні організми, і також швидко знову вступають у кругообіг. Включені в процесі асиміляції в живу біомасу, Карбон і Нітроген після загибелі організмів переносяться в детритний блок. Завдяки детритоїдним організмам біогенні елементи, які містяться в детриті, внаслідок вимивання і розкладу знову потрапляють у фонд доступних неорганічних речовин.

5. Основні екосистеми світу

Загальна площа поверхні Землі складає 510 млн. км², з них 70 % – Світовий океан, суходіл – 150 млн. км², 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, що залежить від її географічного положення та рівнем поверхні над морем [8, 14, 15].

Лісові екосистеми

У лісах планети налічуються тисячі видів дерев, кущів, ліан. У лісі зростають трави, мохи, лишайники, плауни, хвощі, папороті, 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, ліси сухих зон.

- Шпилькові (хвойні) ліси холодної зони розташовані в північній півкулі та в зоні тайги.
- Мішані ліси помірної зони розміщені в середній широті північної півкулі. Це ліси, які найінтенсивніше експлуатуються.
- Вологі ліси теплого помірного клімату трапляються в обох півкулях в межах субтропічного поясу. Це соснові ліси США, бук, ясен, горіх, тюльпанне дерево, паперове дерево, евкаліпт.
- Екваторіальні дощові ліси ростуть у тропічних районах з інтенсивними опадами. Ці ліси нещадно вирубуються для потреб меблевого виробництва.
- Тропічні вологі листопадні ліси – це мусонні тропічні ліси Індії, Південної Америки.
- Ліси сухих зон – це субтропічні шпилькові і листяні дерева та чагарники в сухих субтропіках – ліси Середземномор'я.

Важлива екологічна цінність лісу полягає в тому, що він є регулятором водного режиму. Таким чином зрозумілими стають причини, чому стік води в Світовий океан щороку катастрофічно збільшується.

Крім того ліс є легенями нашої планети, що продукують оксисен та очищають повітря від пилу та інших шкідливих елементів антропогенного походження. Ліс регулює інтенсивність сніготанення і рівень води в річках, стабілізує склад атмосфери, знижує швидкість вітру, оберігає флору і фауну, мікроорганізми, оздоровлює довкілля, поглинає шум, має рекреаційне значення.

Екосистеми трав'яних ландшафтів

Степ – планетарне фізико-географічне утворення. Його площа сягає 6 % суходолу. Степ від Молдови та України тягнеться до Монголії

між шпильковими і листяними лісами. Степ буває субтропічним, чагарниковим, луговим тощо.

Пасовища і сінокоси - це кормові угіддя, що складають 60% сільськогосподарських угідь, і їхня площа перевищує площу ріллі.

Водні екосистеми

Екосистема Світового океану складає 70 % земної поверхні. Їй притаманні глобальні розміри, безперервність існування. Всі моря та океани пов'язані між собою. Відбувається постійна циркуляція води, чому сприяють хвилі, припливи і відпливи. Океан – екосистема, взаємопов'язана і взаємозумовлена геофізичними і геохімічними процесами.

Штучні екосистеми

Штучні екосистеми – це екосистеми, створені людиною, наприклад, агробіоценози, природно-господарські системи або Біосфера-2.

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, вологості, 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.

Штучні екосистеми мають той же набір компонентів, що і природні: продуценти, консументи і редуценти, але є істотні відмінності в перерозподілі потоків речовини та енергії. Створені людиною екосистеми відрізняються від природних наступним:

1. меншим числом видів і переважанням організмів одного або декількох видів;
2. невисокою стійкістю і сильною залежністю від енергії, що вноситься в систему людиною;
3. короткими ланцюгами харчування через незначне число видів;
4. незамкнутим кругообігом речовин внаслідок вилучення врожаю (продукції біоценозу) людиною, тоді як природні процеси навпаки прагнуть включити в кругообіг як можна більшу частину врожаю.

Без підтримки енергетичних потоків з боку людини в штучних системах з тією чи іншою швидкістю відновлюються природні процеси і формується природна структура компонентів екосистеми і матеріально-енергетичних потоків між ними [8, 15].

Завдання для самостійної роботи студентів:

1. Функції лісу в біосфері.
2. Масштаби вирубування лісів у світі та Україні.
3. Наслідки вирубування лісів.
4. Екосистеми Чорного та Азовського морів.
5. Функції екосистем в біосфері.