

ТЕМА 1

ЕКОЛОГІЯ В СИСТЕМІ НАУК, ЇЇ НАУКОВИЙ І ПРИКЛАДНИЙ АСПЕКТИ.

План

1. Основні етапи становлення екології як науки.
2. Екологія, як наука, її предмет та завдання.
3. Основні напрямки екології та її зв'язок з іншими науками.
4. Основні закони екології.
5. Методи екологічної науки.

1. Основні етапи становлення екології як науки.

Екологія як наука виникла у процесі розвитку біологічних наук і передусім у результаті ботанічних і зоологічних досліджень і сформувалася в самостійний науковий напрямок на основі інтеграції біології, географії, хімії, фізики, математики, економіки, правознавства та інших наукових і господарських аспектів у діяльності людини. Вона, як і інші науки, має свої витoki і довгий історичний період розвитку та становлення. Формально як наука екологія сформувалася лише з середини ХІХ ст., після того як були накопичені різноманітні дані про багате різноманіття організмів на Землі, особливості їх будови та розвитку, спосіб життя. Поступово виникло поняття про взаємовідносини їх із середовищем.

Слово **екологія** утворене від грец. «*oikos*», що значить дім (житло, місцеіснування, схованка) та «*logos*» – наука, тобто наука про дім.

Екологічні знання стали накопичуватися ще за часів первісних людей. В примітивному суспільстві кожен індивідум для того, щоб вижити, повинен був мати певні знання про оточуюче середовище. Як і інші області знань, екологія розвивалась безперервно, але нерівномірно протягом історії людства. Єлементи екології є в епічних творах та легендах.

В творах античних вчених (Геракліта, Гіпократата, Арістотеля – були зроблені подальші узагальнення екологічних фактів. Цим починається перший етап розвитку екології, як науки.

В середні віки цікавість до всіх природничих наук значно зменшується, що пояснюється зусиллям схоластики та богослов'я.

Наступний поштовх до розвитку природничих наук загалом, та екології зокрема стали великі географічні відкриття епохи Відродження.

Історію становлення екології як науки поділяють на такі періоди:

Перший етап (стародавній) – до 1866 року. Не буде перебільшенням стверджувати, що екологія «існувала завжди». Первісна людина померла б з голоду без необхідних їй знань про поведінку й особливості дичини, якби не мала отриманого від предків і набутого самостійно досвіду «взаємовідносин з довкіллям».

У наукових працях учених минулого (Теофраст, Арістотель та ін.) є чимало цікавих даних про вплив на рослини і тварини кліматичних змін, про особливості відомих їм живих істот, ознаки пристосування до умов середовища проживання тощо.

Арістотель описує понад 500 видів відомих йому на той час тварин. Він склав першу класифікацію тварин, яка ґрунтувалася на найважливіших морфологічних ознаках, що відображали пристосування до конкретних умов середовища. Теофраст дав загальну характеристику їх поведінки, сповіщав про перельоти птахів та їх причини, міграцію та зимівлю риб, будівельну активність тварин, паразитизм зозулі, різні арсенали захисту тварин від ворогів, головні місця мешкання та інші відомості.

Усіх відомих тварин він розмістив за рівнем їх організації, що відображало їх поступовий еволюційний розвиток. Теофраст наводить свідчення про понад 400 видів рослин, різноманіття рослин у різних умовах існування, залежність їх форм і особливостей росту від ґрунту і кліматичних умов. У творі «Про причини рослин» він також характеризує взаємовідносини між різними рослинами, про користь і шкоду, що спричиняють одні рослини іншим, описує зміни, які відбуваються у рослин в умовах, створених людиною. В інших творах Теофраст описує геліотропізм і «сон» деяких рослин, розповсюдження насіння вітром і тваринами.

Антична епоха в історії екології пов'язана з іменами вчених Стародавньої Греції, а потім і Риму. Демокрит (близько 460–370 рр. до н. е.) та Арістотель (384–322 рр. до н. е.), коли вирішували головні питання філософії (відношення свідомості до буття, мислення – до матерії), спиралися передусім на тлумачення того, що вони бачили у природі.

Складові середовища, що їх оточувало (тварини, рослини, мінерали тощо), були для них тими «цеглинками», з яких вони і будували «дім» натурфілософського світогляду. Ось чому Арістотель («батько філософії») описав понад 500 видів тварин, виклавши відомості про їх життєдіяльність, у тому числі й пов'язану з реакцією організмів на вплив зовнішнього середовища. Він досліджував міграцію риб і птахів, будівельну активність деяких тварин, оригінальність поведінки зозулі відносно своїх пташенят, захисні реакції каракатиці тощо. Цей вчений дійшов висновку, що навіть зародження письма та мистецтва (у тому числі й поезії) – наслідок намагання людини наслідувати природі, прагнення ввійти з нею в гармонійні стосунки.

Гіпократ (460–370 рр. до н. е.) вивчав проблеми медицини, землеробства, мореплавання. Описуючи лікарські рослини, він подавав не тільки їх лікувальні, а й екологічні властивості. У працях «батька ботаніки» Теофраста (372–287 рр. до н. е.) йшлося про розповсюдження рослин залежно від умов середовища, зв'язок їх форми та особливостей росту з ґрунтом та кліматом. Він розробив першу класифікацію життєвих форм рослин, виділивши дерева, кущі, напівкущі, трави, наводив чимало практичних порад із вирощування винограду, маслин тощо.

Отримані знання про рослинний світ мали і практичні наслідки. Наприклад, уже могли за наявності та станом рослин визначати якість ґрунту і залягання підземних вод. Такі вказівки були у працях римських вчених I ст. н. е. Ю. Колумели та Вітрувія Поліона. Пліній Старший давав рекомендації щодо необхідності враховувати при вирощуванні рослин якість ґрунту, характер місцевості, особливості клімату. Цей вчений назвав сукупність знань

екологічного змісту «природною історією».

Наукові здобутки в епоху Відродження заклали фундамент для інтенсивного розвитку як біології в цілому, так і майбутньої екології. Раннє середньовіччя в Європі (з V ст. н. е.) — часи занепаду наукової, у тому числі й природознавчої, думки. Якщо для людини античності природа – це дійсність, то в ранньому середньовіччі природа – лише символ надприродних сил. У ті часи думка була скута страхом перед ортодоксальною, містичною вірою в такі догмати. Лише під тиском реального досвіду, що мав факти повсякденного буття, почали пробиватись відносно прогресивні думки й виступи проти схоластики та догматизму. Таку позицію зайняв, наприклад, Р. Бекон (близько 1214–1292) – англійський мислитель, провідник дослідницької діяльності. Він прагнув розкрити практичні можливості науки для удосконалення механізмів, методів вирощування рослин, розведення тварин, збереження здоров'я людини. Альберт фон Больштедт (1193–1280) – німецький натураліст-філософ (відомий як Альберт Великий) – у своїх творах уже вміщував відомості екологічного характеру. Він намагався пояснити залежність росту та розмноження рослин і тварин від живлення та температури зовнішнього середовища, вивчав їх зимовий спокій тощо. Його книга «Фізіолог» була перекладена на чимало інших мов.

Ідеї та дух Відродження (французькою мовою – Ренесанс), зародившись наприкінці XIII ст. у північній Італії, згодом розповсюдились по всій Європі. Вони передусім мали культурницький зміст, але такий, що набув далекосяжних наукових наслідків. Особливість природознавчих праць того часу полягала в тому, що вони мали описовий характер. Екологічні дані наводились в обмеженому обсязі, але вони були необхідні для подальшого розвитку знань про взаємини організмів та чинників довкілля.

Нові знання екологічного характеру були представлені насамперед у двох фундаментальних монографіях Р. Морісона та Дж. Рея, присвячених переважно рослинному світу. Ці книги видані відповідно у 1672-му та 1686 р. Останній автор чимало уваги приділив екологічній складовій, тваринному світу. Такі ж за сутністю відомості наводив і французький вчений Ж. Турнефор. Еколого-фізіологічний напрямок розробляли Р. Бойль (1661), М. Мальпігі (1679), Н. Грю (1682), Д. Вудворд (1699). Вони розкривали механізми впливу на життєдіяльність організмів води, ґрунту, світла, повітря.

Суттєвим джерелом у здобутті необхідного матеріалу для розвитку екологічних ідей були географічні відкриття, знайомство з новими країнами, їх природою, рослинним і тваринним світом. З'явилися роботи з описом рослин і тварин, їх зовнішньої та внутрішньої будови, різноманіття форм. Перші систематики (А. Чезальпіно (1519–1603), Дж. Рей (1627–1705), Ж. Турнефор (1656–1708) та інші) наводили свідчення про залежність рослин від умов зростання та вирощування, вплив місць мешкання на формоутворення, повідомляли про поведінку тварин, спосіб життя, пов'язані з їх будовою та середовищем.

Уперше узагальнення цих питань зроблене Ернстом Геккелем (1866, 1869), який у своїх працях «Загальна морфологія організмів» (1866), «Природна

історія світотворення» (1868) спробував дати визначення суті нової науки, якій дав назву «екологія». Він визначав її сутність як «загальну науку про відношення організмів до навколишнього середовища, куди ми відносимо в широкому розумінні поняття всі умови існування. Вони частково органічної, частково неорганічної природи, але як ті, так і інші мають велике значення для всіх форм організмів, бо примушують пристосовуватися до себе». Були й інші спроби визначити її назву, наприклад «економіка природи». Ця назва суттєво підкреслювала проблему природного балансу, що наразі є одним з найважливіших питань сучасної екології. Назва «екологія» отримала широке визнання і стала поширеною в науковому та загальному вжитку.

Другий етап (до 30-х років ХХ ст., аутоекологічний). Період аутоекології (екології особини), виявлення закономірностей у відношеннях тварин і рослин до різноманітних абіотичних факторів, внутрішніх екологічних досліджень та визначення «екосистем».

Екологія спиралася на визначні праці вчених Ч. Дарвіна, О. Гумбольдта, К. Ф. Рулье, Е. Геккеля, І. Ж. Сент-Іллера й концентрувалася на дослідженні впливу фізичних (температура, освітлення тощо) і хімічних (склад води та ін.) чинників довкілля на життєдіяльність окремої особини чи цілого виду.

Екологія тимчасово звузилася до аутоекології, що тоді було перевагою, а не вадою. Вчені опиралися на всю могутність наукового методу досліджень, додавши до загального ознайомлення і спостережень обмірковані наперед порівняно точні досліди з вартими довіри результатами (наприклад, про вплив мінеральних добрив на ріст рослин і кінцевий урожай).

Ці праці послужили поштовхом до синтезу даних геології, геоботаніки, гідрології, ґрунтознавства, кліматології багатьма наступними вченими. Протягом ХІХ та початку ХХ століття розвиток спеціальних аналітичних наук сприяв накопиченню фактичних даних, без яких було б неможливим формування екології як сучасної синтетичної науки.

Було встановлено, що живі організми своїм існуванням та розвитком найтіснішим чином залежні від природного середовища. Аутоекологія тварин та рослин в першій половині ХХ століття стала повноправною науковою дисципліною.

Екологи тих часів були малопомітними представниками «чистої» науки. Громадськість мало цікавилася їхніми дослідженнями. Екологи привернули загальну увагу під час своїх перших спроб «захистити природу», створити заповідники і національні парки для порятунку тих рослин і тварин, яким загрожувало зникнення, їм таки дещо вдалося, адже з'явилися не лише перші заповідники, а й закони чи правила щодо рибальства і полювання.

Третій етап (1930–1970 рр., синекологічний). Цей етап був порівняно короткочасним і стосувався дослідження великих груп організмів (популяцій та їх об'єднань) під кутом аналізу взаємодії окремих особин і популяцій різних видів істот між собою – популяційна екологія (синекологія) – вчення про взаємодію популяцій між собою і найближчим довкіллям. Панують уявлення про переважання рівноваги у природі, пріоритет конкурентних відносин,

Прикладом є проблема взаємовпливу хижаків та їхньої здобичі, видів-

продуцентів (трави, водоростей тощо) і видів-споживачів (комахи, тварин, риб тощо). Великою заслугою цього етапу екології є залучення такого могутнього інструменту, як вища математика (насамперед диференціальних рівнянь). Вперше екологи дістали змогу виконувати теоретичне моделювання розвитку подій у живому доквіллі, робити передбачення (на жаль, надто спрощені й не досить точні).

Іншим підґрунтям у розвитку функціональної екології стали вчення про екосистеми (Тенслі, 1935) та біогеоценози (Сукачов, 1942), де викладені структура та роль різних компонентів у функціонуванні екологічних систем, в яких питання про біологічну продуктивність, біологічний кругообіг і енергетичний баланс є основними. Саме в цей період вводяться поняття «екосистема», «біогеоценоз», формулюються основні екологічні закони.

Починаючи з 1950-х років почали інтенсивно вивчатися консортивні зв'язки, які визначають «стратегію життя в екосистемах». Першим у 1951 р. виявив наявність консорцій зоолог В. М. Беклемішев у роботі «О классификации биогеоценологических (симфизиологических связей)» і дав цим зв'язкам визначення. Із того часу дослідження консорцій як особливих функціональних зв'язків у екосистемах одержало у працях зоологів значний розвиток (В. В. Мазінг, А. Г. Воронов, П. М. Рафес, В. Л. Булахов, В. І. Гаранін, А. В. Івашов, Б. Н. Вернущкий, О. Л. Пономаренко та ін.).

Разом із тим велика увага приділялася середовищевій ролі фітоценозу. Ще у 1938 р. Г. М. Висоцький вказав на гідрологічний і метеорологічний вплив лісів, а також дав загальну характеристику впливу лісу на зміни середовища та доквілля (1950). Ці та інші положення одержали подальший розвиток у роботах А. О. Молчанова (1950, 1952, 1973, 1975), де особливе місце посідають питання про роль лісів у формуванні продуктивності, гідрологічних процесах, температурному режимі, енергетичному балансі, впливі на формування тваринних організмів тощо.

Значним поштовхом у розвитку функціональної екології стали події другої половини ХХ століття, що проявилось, зокрема, у міжнародному природоохоронному співробітництві. У 1948 р. засновано Міжнародну спілку охорони природи (МСОП, або IUSN). У багатьох країнах з'явилися природоохоронні громадські організації під загальною назвою «Зелений світ» («Грінпіс») і політичні партії «зелених». Під егідою МАБ ЮНЕСКО у 1964 р. розпочато Міжнародну біологічну програму (МБП), яка об'єднала зусилля вчених більшості країн світу для вивчення біопродукційних та інших природних процесів.

До найвизначніших екологів цього періоду належать такі зарубіжні 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 (вітчизняні).

Четвертий етап (1970 рр. – дотепер, мегаекологічний). Домінуючим стало уявлення (сучасна парадигма) про «пов'язаність усього з усім», необхідність одночасного і якнайточнішого врахування взаємодії між собою та з речовинним доквіллям усіх видів і варіантів живого доквілля, як і змін

природного середовища.

Стає зрозумілим постійність порушення природної рівноваги, екосистеми вивчаються у їх розвитку; відмова від конкуренції, як основного фактору формування угруповань; становлення істинного системного підходу до вивчення екологічних об'єктів.

Одна з найважливіших подій цього періоду – Конференція ООН із питань довкілля та розвитку в Ріо-де-Жанейро (Бразилія) у 1992 році, а згодом, у 2002 р., – Всесвітній саміт зі стійкого розвитку в Йоганнесбурзі (Південно-Африканська Республіка). Важливими подіями для природоохоронного орієнту та практичних заходів України стали міжнародні Конвенції про захист Чорного моря від забруднення, про збереження його біорізноманіття та ландшафтів (1992), а також про охорону та сталий розвиток Карпат (1993). У 1998 р. Верховна Рада України затвердила «Основні напрямки державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки». У 2003 році у Києві відбувся міжнародний екологічний форум «Довкілля для Європи».

2. Екологія, як наука, її предмет та завдання.

Існують різні погляди вчених на екологію:

1. Визначення Геккеля (XIX в): екологія – фундаментальний розділ біології, що вивчає взаємини організмів з навколишнім середовищем.

2. Визначення часів екологічного буму: екологія – міждисциплінарна область знань, комплексна наука – синтезує знання про природу і суспільство, про їхні взаємини.

3. Екологія – не наука, а підхід, світогляд; кожен учений повинен застосовувати цей підхід у своїй області знань;

4. Екологія – наука про взаємини будь-якого об'єкта з навколишнім середовищем (цього визначення дотримується більшість закордонних учених).

У сучасному розумінні *екологія* – наука про взаємини між живими організмами і середовищем їх існування.

Предметом дослідження екології є біологічні макросистеми та їх динаміка у часі і просторі.

Рівні організації життя: атомарний – молекулярний – субклітинний – клітинний – тканинний – органний – систем органів – організменний – популяційно-видовий – біогеоценологічний-екосистемний – біосферний. Екологія вивчає всі рівні, починаючи з організму. На кожному рівні можлива взаємодія з неживою природою, утворення системи упорядкованих взаємодіючих і взаємозалежних компонентів.

Завдання екології як науки:

– дослідження закономірності організації життя, у т.ч. і в зв'язку з антропогенним впливом на окремі екологічні системи і всю біосферу в цілому;

– створення наукової основи раціонального використання природних ресурсів;

– відновлення порушених природних систем;

– регулювання чисельності популяції живих організмів;

- збереження еталонних ділянок біосфери;
- прогнозування й оцінка можливих негативних наслідків на навколишнє середовище;
- спостереження за змінами в окремих екосистемах та біосфери, прогнозування їх наслідків;
- застосування екологічних знань у справі охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів;
- розроблення системи заходів щодо забезпечення мінімуму застосування хімічних засобів боротьби зі шкідниками;
- поліпшення якості навколишнього природного середовища;
- своєчасне виявлення і коректування процесів, що наносять збиток навколишньому середовищу;
- прогнозування змін природи під впливом діяльності людини та виявлення меж трансформації природних екосистем людиною;
- розробка теоретичних основ охорони середовища існування людини та природи, збереження природного біорізноманіття;
- зберігання та відтворення природних ресурсів;
- гармонізація взаємовідносин людини та природи.

3. Основні напрямки екології та її зв'язок з іншими науками.

Екологія як загальна біологічна наука може бути розподілена на складові частини. Зараз екологія розпалась на ряд наукових напрямків, які часто є досить далекими від першопочаткового розуміння її як біологічної науки (біоекології).

Екологію за розмірами об'єктів дослідження поділяють на:

1. Аутокологія (факторіальна екологія) – вивчає вплив факторів середовища на організм і відповідні реакції організму (фізіологічна екологія).
2. Дем(о)екологія (популяційна екологія) – вивчає взаємини в популяції і взаємини популяцій з навколишнім середовищем.
3. Синекологія (біоценологія) – вивчає взаємини угруповань (співтовариств). Угруповання утворене сукупністю популяцій, що проживають на одній території.
4. Біогеоценологія (екосистемологія) вчення про екосистеми.
5. Глобальну екологію (біосферологія) – вчення про біосферу Землі.

За відношенням до предметів вивчення екологію поділяють на:

- екологію мікроорганізмів;
- е грибів;
- е тварин;
- е людини;
- с\г е;
- промислову (інженерну).

За середовищами і компонентами розрізняють:

- е суші;
- е прісних водойм;
- морську е;
- е крайньої півночі;

- е високогірсь;
- хімічну е;

За об'єктами і середовищам дослідження (рис.1).

За підходами до предмету виділяють:

- аналітичну;
- динамічну.

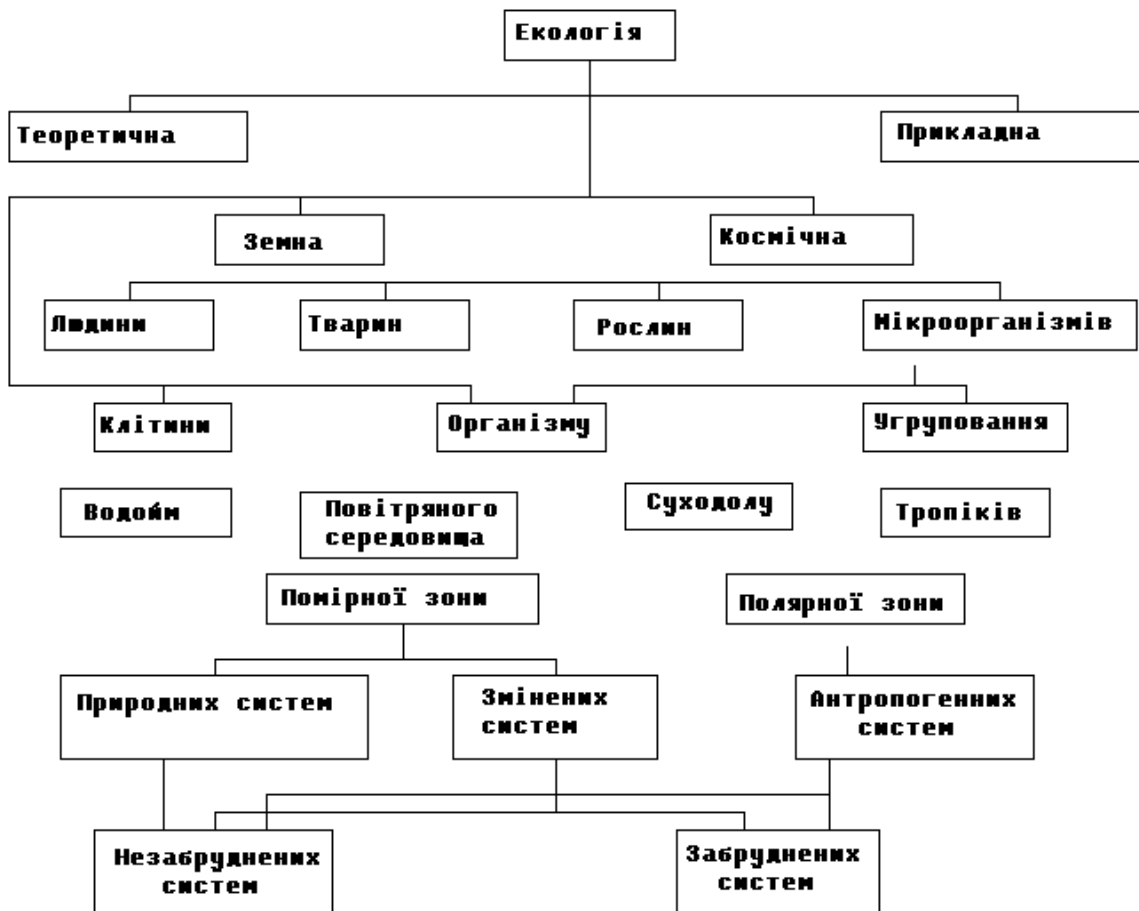


Рис. 1. Поділ екології за об'єктами і середовищам дослідження.

На даний час ще не вироблена єдина класифікація розділів, що входять в екологічну науку. Як правило, її поділяють на 2 основні розділи: теоретичну й практичну екологію (рис. 2.).

Теоретична екологія досліджує закони формування структури, функціонування, розвитку й загибелі природних екосистем. Тобто теоретична екологія вивчає екосистему як одне ціле, намагаючись визначити вплив окремих елементів або утворених ними підсистем на цілісні властивості біокосного утворення.

Практична екологія – блок дисциплін, що вивчають механізми руйнування біосфери людиною, способи запобігання цим процесам, та розробляють принципи раціонального використання природних ресурсів без деградації навколишнього середовища. Практична екологія базується на системі законів, правил і принципів екології та природокористування.

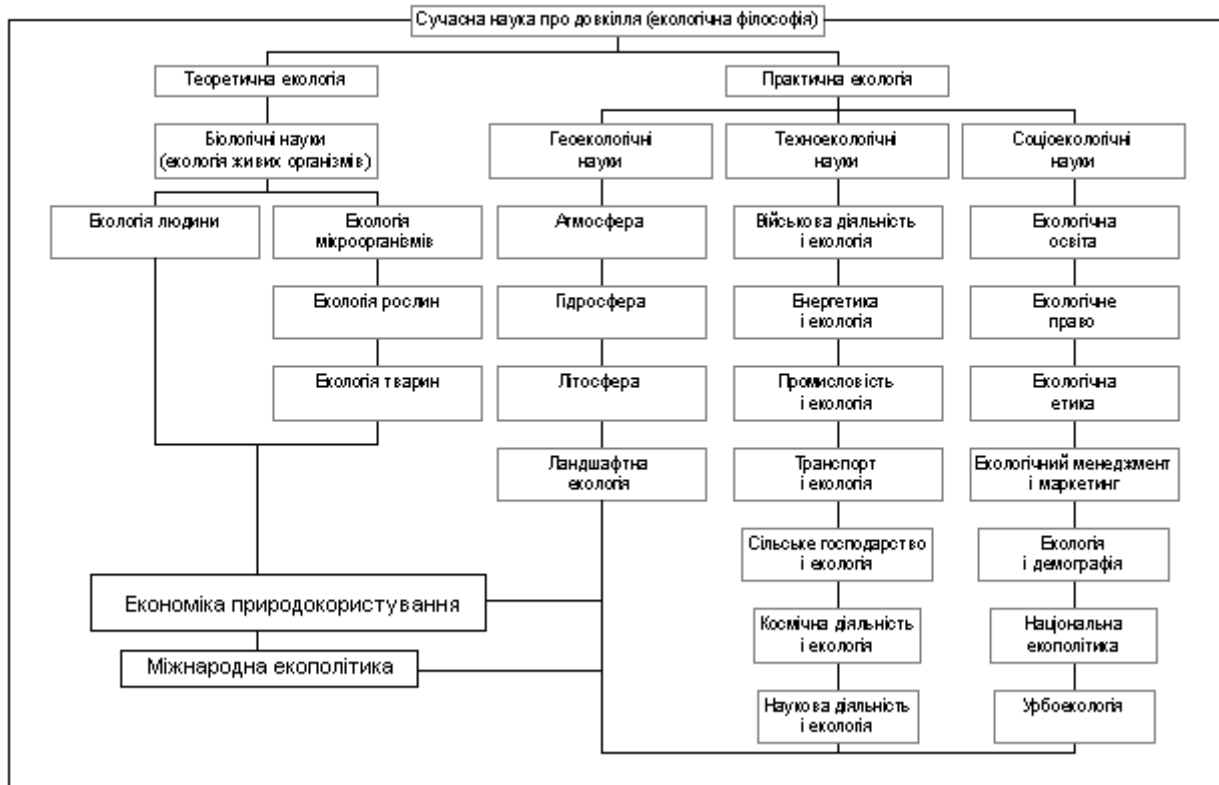


Рис. 2. Структурна схема екології (за В.П. Кучерявим, 2000 р.).

Екологія, як міждисциплінарний підхід поділяється наступним чином:

Р. Риклефс: якщо ми хочемо досягти взаємодії з природою, ми повинні жити за її законам. Підходити до використання природи потрібно тільки з урахуванням цих законів. Ці закони вивчає екологія.

На думку деяких відомих екологів (Д. Чирас), природа розвивається і функціонує за чотирма основними принципами:

- 1) рециклічність, або повторне багаторазове використання найважливіших речовин;
- 2) постійне оновлення ресурсів;
- 3) консервативне споживання (живі істоти споживають лише те і в такій кількості, яка їм необхідна);
- 4) контроль популяції – природа не допускає вибухоподібного зростання популяції, регулюючи кількість осіб того або іншого виду створенням відповідних умов для його існування і розмноження.

Більшість цих і інших принципів і законів вдало узагальнив американський еколог Б. Коммонер в 1974 р. Він звів їх до чотирьох законів:

Афористичні правила Б. Коммонера:

- усе зв'язано з усім;
- усе повинно кудись подітися;
- природа знає краще (евол);
- ніщо не дається задарма (об'єднання всіх попер законів).

1. Усе пов'язано з усім. Екологія розглядає біосферу нашої планети як складну систему з безліччю взаємозв'язаних елементів. За рахунок цих зв'язків

формується гармонійні системи кругообігу речовин і енергії. Будь-яке вторгнення в роботу біосфери викликає відповідь одразу в багатьох напрямках, що робить прогнозування в екології дуже складною справою.

2. Усе повинно кудись діватись. На прикладі біологічного круговороту видно, як залишки і продукти життєдіяльності одних організмів є в природі жерелом існування інших. Людина поки що не створила такого гармонійного кругообігу в своїй господарській діяльності. Будь-яке виробництво постійно «випускає», принаймні, дві речі – необхідну продукцію і відходи. Відходи самі собою не зникають: вони нагромаджуються, знову втягуються в кругообіг речовин і приводять до непередбачених наслідків.

3. Природа знає краще. Цей закон стверджує, що штучне введення органічних речовин, які не існують в природі, а створені людиною, або беруть участь в живій системі, швидше заподіє шкоду. Одним з найбільш важливих фактів в хімії живих речовин є те, що для будь-якої органічної субстанції, зробленої живими істотами, в природі є фермент, здатний цю субстанцію розкласти. Тому коли людина синтезує нову органічну сполуку, яка структурно значно відрізняється від природних речовин, абсолютно імовірно, що для нього немає такого ферменту, і ця речовина «накопичуватиметься».

4. Ніщо не дається задарма (за все потрібно платити). Цей закон стверджує, що природні ресурси не нескінченні. Людина в процесі своєї діяльності зараз бере у природи «у борг» частину її продукції, залишаючи «в заставу» відходи і забруднення. Цей борг збільшуватиметься до тих пір, поки існування людей не опиниться під загрозою і люди сповна не усвідомлять необхідність усунення негативних наслідків своєї діяльності. Ці усунення зажадають дуже великих затрат, які й стануть виплатою цього «боргу».

4. Основні закони екології.

1) *Закон біогенної міграції атомів* (закон Вернадського): міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється під переважаючим впливом живої речовини.

2) *Закон внутрішньої динамічної рівноваги*: речовина, енергія, інформація та динамічні якості окремих природних систем і їх ієрархії дуже тісно пов'язані між собою.

3) *Закон генетичної різноманітності*: все живе генетично різне і має тенденцію до збільшення біологічної різноманітності.

Закон має важливе значення в природокористуванні, особливо в сфері біотехнології (генна інженерія, біопрепарати), коли не завжди можна передбачити результат нововведень під час випробувань нових мікрокультур через мутації, що виникають, або поширення дії нових біопрепаратів не на ті види мікроорганізмів, на які вони розраховані.

4) *Закон історичної необоротності*: розвиток біосфери і людства як цілого не може відбуватися від пізніших фаз до початкових, загальний процес розвитку однонапрямлений. Повторюються лише окремі елементи соціальних відносин (рабство) або типи господарювання.

5) *Закон константності* (сформульований Вернадським): кількість живої

речовини біосфери (за певний геологічний період) є величина стала.

Цей закон тісно пов'язаний із законом внутрішньої динамічної рівноваги. За законом константності будь-яка зміна кількості живої речовини в одному з регіонів біосфери неминуче призводить до такої ж за обсягом зміни речовини в іншому регіоні, тільки із зворотним знаком.

6) *Закон кореляції* (сформульований Кюв'є): в організмі, як цілісній системі, всі його частини відповідають одна одній як за будовою, так і за функціями. Зміна однієї частини неминуче викликає зміни в інших.

7) *Закон максимізації енергії* (сформульований Г. і Ю. Одумами та доповнений Реймерсом): у конкуренції з іншими системами зберігається та з них, яка найбільше сприяє надходженню енергії та інформації й використовує максимальну їх кількість найефективніше.

8) *Закон максимуму біогенної енергії* (закон Вернадського-Бауера): будь-яка біологічна та «біонедосконала» система з біотою, що перебуває в стані «стійкої нерівноваги» (динамічно рухливої рівноваги з довкіллям), збільшує, розвиваючись, свій вплив на середовище.

10) *Закон обмеженості природних ресурсів*: усі природні ресурси в умовах Землі вичерпні. Планета є природно обмеженим тілом, і на ній не можуть існувати необмежені складові частини.

11) *Закон оптимальності*: ніяка система не може звужуватися або розширюватися до нескінченності.

12) *Закон піраміди енергій* (сформульований Ліндеманою): з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший переходить у середньому не більше 10% енергії. За цим законом можна виконувати розрахунки земельних площ, лісових угідь з метою забезпечення населення продовольством та іншими ресурсами.

13) *Закон рівнозначності умов життя*: всі природні умови середовища, необхідні для життя, відіграють рівнозначні ролі. З нього випливає інший закон – сукупної дії екологічних факторів. Цей закон часто ігнорується, хоча має велике значення.

14) *Закон розвитку довкілля*: будь-яка природна система розвивається лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища. Абсолютно ізольований саморозвиток неможливий – це висновок з законів термодинаміки.

15) *Закон сукупної дії природних факторів*: (закон Міттерніха – Тінемана –Баулса): обсяг урожаю залежить не від окремого, нехай навіть лімітованого фактора, а від усієї сукупності екологічних факторів одночасно.

16) *Закон толерантності* (закон Шелфорда): лімітуючим фактором процвітання організму може бути як мінімум, так і максимум екологічного впливу, діапазон між якими визначає ступінь витривалості (толерантності) організму до даного фактора. Відповідно до закону, будь-який надлишок речовини чи енергії в екосистемі стає її ворогом.

5. Методи екологічної науки.

Особливе значення у зборі інформації про стан біосфери та її складових

набув екологічний моніторинг – система режимних довгострокових спостережень за станом довкілля.

Екологія широко застосовує метод експерименту (польового та лабораторного).

Польові методи дозволяють встановити результат впливу на організм чи популяцію певного комплексу факторів, з'ясувати загальну картину розвитку життєдіяльності виду в певних умовах.

Однак, спостереження не можуть дати точної відповіді на питання який саме з факторів середовища визначає характер життєдіяльності особини, виду, популяції чи угруповання. На це питання можна відповісти тільки за допомогою експерименту, задачею якого є з'ясування причин відносин, що спостерігаються у природі. У зв'язку з цим екологічний експеримент носить аналітичний характер. Експериментальні методи дозволяють проаналізувати вплив на розвиток організму окремих факторів у штучно створених умовах і таким чином вивчити всю різноманітність екологічних механізмів, які обумовлюють його нормальну життєдіяльність.

При лабораторному методі – в екосистему вносять зміни та через деякий час оцінюють стан екосистеми та порівнюють з контролем.

Загалом всі методи можна об'єднати у такі групи:

– **загальні методи:** системний аналіз, методи формалізації, постановки гіпотез, емпіричний, порівняльний, метод експертних оцінок;

– **картографічний та графічний;**

– **нормативні методи:** розробка нормативів та стандартів якості навколишнього середовища;

– **інформаційні методи:** поширені у формуванні систем моніторингу, управління;

– **економічні методи:** використовуються у економіці природокористування та екологічній експертизі;

– **методи прогнозування;**

– **соціологічні методи:** анкетування, інтерв'ю, тощо;

– **математичні методи:** методи статистичних даних та методи математичного моделювання;

Моделювання – це відтворення характеристик деякого об'єкта на іншому об'єкті, спеціально створеному для його вивчення.

Будь-яка модель простіше реального об'єкта. Вона відбиває не всі його властивості і характеристики, а тільки ті, котрі цікавлять дослідників у даному експерименті.

Перед тим, як використовувати модель для вивчення об'єкта необхідно довести її подібність або адекватність реальному об'єкту. Для цього існує багато статистичних методів.

Фізичне моделювання – це створення зменшених копій реальних об'єктів і систем. Прикладом фізичної моделі в екології є акваріум. Основним недоліком такого типу моделі є те, що при масштабному переході, тобто при збільшенні розмірів, деякі закономірності, що діяли в межах моделі, діяти перестають.

Концептуальне моделювання – це створення блок-схем, взаємодії

підсистем процесів у межах більш складних систем. Прикладом є кругообігу речовин.

Графічне моделювання – це зображення залежності між змінними в одній із систем координат, найчастіше в прямокутній декартовій системі. Прикладом є графіки змін чисельності популяцій.

Математичне моделювання – полягає у формалізації поведінки систем на основі математичних виразів.